

国际电信联盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**H.870**

(03/2022)

H系列：视听及多媒体系统电子医疗多媒体系统、业务和应用 – 安全听音

---

**安全听音设备/系统指南**

ITU-T H.870 建议书



ITU-T H系列建议书

视听及多媒体系统

可视电话系统的特性	H.100–H.199
视听业务的基础设施	
概述	H.200–H.219
传输多路复用和同步	H.220–H.229
系统概况	H.230–H.239
通信程序	H.240–H.259
活动视频编码	H.260–H.279
相关系统概况	H.280–H.299
视听业务的系统和终端设备	H.300–H.349
视听和多媒体业务的号码簿业务体系结构	H.350–H.359
视听和多媒体业务的服务质量体系结构	H.360–H.369
远程呈现、沉浸式环境、虚拟和扩展现实	H.420–H.439
多媒体的补充业务	H.450–H.499
移动性和协作程序	
移动性和协作、定义、协议和程序概述	H.500–H.509
H系列多媒体系统和业务的移动性	H.510–H.519
移动多媒体协作应用和业务	H.520–H.529
移动多媒体系统和业务的安全性	H.530–H.539
移动多媒体协作应用和业务的安全性	H.540–H.549
车载网关和智能交通系统（ITS）	
车载网关架构	H.550–H.559
车载网关接口	H.560–H.569
宽带、三网合一和先进的多媒体业务	
在VDSL上传送宽带多媒体业务	H.610–H.619
先进的多媒体业务和应用	H.620–H.629
内容交付和无处不在的传感器网络应用	H.640–H.649
IPTV多媒体业务和IPTV应用	
一般问题	H.700–H.719
IPTV终端设备	H.720–H.729
IPTV中间件	H.730–H.739
IPTV应用事件处置	H.740–H.749
IPTV元数据	H.750–H.759
IPTV多媒体应用框架	H.760–H.769
IPTV业务发现至消费	H.770–H.779
数字标牌	H.780–H.789
电子医疗多媒体、业务和应用	
个人健康系统	H.810–H.819
个人健康系统的互操作性认证测试（HRN、PAN、LAN和WAN）	H.820–H.859
多媒体电子医疗数据交换业务	H.860–H.869
<b>安全听音</b>	<b>H.870–H.879</b>

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

# ITU-T H.870 建议书

## 安全听音设备/系统指南

### 摘要

ITU-T H.870建议书描述了对安全听音设备和系统的要求，称为个人/便携式音频系统，尤其是那些用于播放音乐的设备和系统，以保护人们免遭听力损失。它还提供了一个便于共同理解的术语表以及有关声音、听力和听力损失的背景信息。

它建议提出了有关避免不安全听音的准则：一个用于成人，一个用于儿童，二者都基于等能量原理，即假设等量的声能将导致等量的声音引起的永久性听力阈移，而不管能量在时间上的分布如何。

重要的是，本建议书提供了关于安全听音的健康通信指南，以便在必要时有效地发出适当的警告信息。此类消息的示例可在附录VII中找到。

最后，本建议书还提供了有关实施声音剂量测定和相关问题的信息。

通信设备和辅助设备不在本建议书的讨论范围之内。游戏设备也有待今后研究。

本标准由世界卫生组织（WHO）和国际电联（ITU）在“让听音更安全”倡议共同制定，并被两个组织共同采纳。

### 沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一识别码*
1.0	ITU-T H.870	2018-08-29	16	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13686">11.1002/1000/13686</a>
2.0	ITU-T H.870 (V2)	2022-03-16	16	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/14953">11.1002/1000/14953</a>

### 关键词

声音剂量、个人音频系统、安全听音、声压电平、声音所致听力损失。

---

\* 为获取本建议书，请在您的网络浏览器地址域输入网址：<http://handle.itu.int/>，然后输入建议书的唯一识别码。例如<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

## 前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电联电信标准化部门（ITU-T）是国际电联的一个常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化发布有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，而后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准ITU-T建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）合作制定的。

## 注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，也指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性的条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才认为达到了本建议书的合规性要求。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

## 知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已声明的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的、有关已声明之知识产权的证据、有效性或适用性不表明任何意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的、有关受专利/软件版权保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能不是最新信息，因此特大力提倡他们通过ITU-T网站<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>查询适当的ITU-T专利数据库。

© 国际电联 2023

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## 目录

页码

1	范围 .....	1
2	参考文献 .....	1
3	定义 .....	2
3.1	他处定义的术语 .....	2
3.2	本建议书定义的术语 .....	3
4	缩写语和首字母缩略词 .....	5
5	惯例 .....	6
6	安全听音：引言 .....	7
6.1	背景 .....	7
6.2	个人音频系统 .....	7
7	损害风险准则 .....	10
7.1	工作模式 .....	10
7.2	声音剂量估计的不确定性 .....	11
8	测量方法 .....	12
8.1	声音剂量的测量 .....	12
9	耳机的灵敏度范围和频率响应 .....	13
10	配置文件 .....	14
11	健康通信 .....	14
11.1	将健康通信作为安全听音个人音频系统标准一部分的目的 .....	14
11.2	作为安全听音设备标准一部分的通信方面的关键性建议 .....	14
12	环境噪声控制 .....	18
12.1	背景噪声的无源衰减 .....	18
12.2	背景噪声的有源减少 .....	18
12.3	噪声隔离耳机的益处 .....	19
12.4	与噪声隔离耳机相关的、需关注的安全问题 .....	19
13	音量控制 .....	19
13.1	音量限制 .....	19
13.2	受密码保护的音量控制 .....	19
14	有关次要关切问题的指南 .....	20
	附录I – 现状报告 .....	21
	附录II – 可在个人音频系统中实施的声音剂量估算功能 .....	22
	II.1 引言 .....	22
	II.2 主要相关标准 .....	22

II.3	在声音剂量情形中定义剂量 .....	22
II.4	不同频率的加权 .....	22
II.5	个人音频系统（PAS）中的信号捕获点 .....	23
II.6	左信道和右信道的处理 .....	24
II.7	声音剂量计实施示例 .....	24
II.8	计算复杂性的处理 .....	25
II.9	若干天和若干周声音剂量的处理 .....	25
II.10	未知头戴式耳机特性的情况 .....	25
II.11	备选音频信号捕获点 .....	27
II.12	剂量计功能的测试 .....	28
II.13	不确定性 .....	28
附录III	– 玩具的欧洲EN 71-1标准 .....	29
附录IV	– “音乐”与“噪声” .....	30
附录V	– 镫骨肌反射 .....	31
附录VI	– 恢复阶段的考虑 .....	32
附录VII	– 健康通信示例 .....	34
VII.1	关于为设备接口制定警告和行动提示消息的建议 .....	34
VII.2	作为安全听音设备标准一部分的建议信息流（示例） .....	34
VII.3	关于如何将听音参数信息传送给用户的示例 .....	35
VII.4	警告和行动提示 .....	36
附录VIII	– 听力的机制和声音冲击的影响 .....	39
VIII.1	声音和波 .....	39
VIII.2	听力机制和听力损失 .....	39
VIII.3	声能的测量 .....	42
VIII.4	等能量原理 .....	44
参考文献	.....	45

## 引言

人们开始越来越多地关注因越来越多地暴露于夜总会、迪斯科舞厅、酒廊、酒吧、电影院、音乐会、体育赛事等娱乐场所甚至健身课程的高音量下而可能造成的危害问题。随着技术的普及，诸如个人音频系统之类的设备经常以高音量和过长的时间被收听。经常参加此类活动会对不可逆转的听力损失构成严重威胁。

世界卫生组织（WHO）估计[b-WHO-2018]:

- 全球超15亿人因不同原因而导致某种程度的听力损失。其中，4.3亿人需要听力康复以确保最佳功能，除非采取措施来减轻造成听力损失的风险因素，否则预计这一数字将在未来几十年间继续上升。
- 全球超过10亿的年轻人可能因不安全的听音行为而面临听力丧失的风险。
- 中高收入国家的12~35岁青少年和年轻人中：
  - 近50%的人使用个人音频设备（如MP3播放器和智能手机）以不安全的声音等级来收听。
  - 约40%的人在夜总会、迪斯科舞厅和酒吧暴露于潜在破坏力的高音量下。

智能手机销量的增长，仅2019年就在全球范围内销售了超15亿台设备，是潜在风险的另一个指标。伴随这种增长的设备可获得性以及使用个人音频系统来收听音乐的是它的高音量使用和长时间使用。这种与风险相关的行为可永久性地损害听力。

考虑到这些事实，世界卫生组织于2015年提出了“让听音更安全”倡议。该倡议的总体愿景是确保所有年龄段的人都能享受听音，并充分保护其听力。

其目标是降低因在娱乐场所不安全的声音暴露而造成的听力损失风险。为实现这一目标，世卫组织确定了三个具体目标：

- 1) 通过个人音频系统控制暴露于过大的音响下。
- 2) 改变目标人群的听力行为。
- 3) 限制娱乐场所中的声音暴露。

本建议书是世卫组织与国际电联在“使听音更安全”倡议方面开展合作的一个结果，也是得到两个国际组织认可的一个共同标准。





## 安全听音设备/系统指南

### 1 范围

本建议书描述了对安全听音设备和系统的要求，尤其是那些用于播放和收听音乐的设备和系统，以保护人们免受听力损失。

由于市场趋势已经模糊了一些听力设备和个人音频设备之间的区别，为确保本建议书在合理可行的范围内能广泛地适用，纳入了一些使用案例。

注1 – 其中一些使用案例遵循了[IEC 62368-1]中规定的对能源进行分类以及针对能源保护措施的原则。

就本建议书而言，不包括以下类型的设备：

- 双向通信设备（如对讲机等）；
- 康复和医疗设备（如助听器、FM系统以及批准作为助听器和人工耳蜗系统一部分的其他辅助听力设备（ALD）等）；
- 个人声音放大产品/设备；
- 专业音频设备和装置。

注2 – 有人关注来自便携式游戏机的声音暴露问题，不过这有待今后研究。

### 2 参考文献

下列ITU-T建议书及含有本建议书引用条款的其他参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其他参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的使用方了解使用最新版本的下列建议书和其他参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

- [ITU-T G.100.1] ITU-T G.100.1建议书（2015年），语音频段通信中分贝和相对电平的使用。
- [ITU-T P.57] ITU-T P.57建议书（2021年），人造耳。
- [ITU-T P.58] ITU-T P.58建议书（2021年），用于电话测量的头部和躯干模拟器。
- [ITU-T P.380] ITU-T P.380建议书（2003年），对耳机的电声测量。
- [ITU-T P.381] ITU-T P.381建议书（2020年），数字移动终端通用有线耳机或头戴式耳机接口的技术要求和测试方法。
- [ITU-T P.382] ITU-T P.382建议书（2020年），数字无线终端多麦克风有线耳机或头戴式耳机接口的技术要求和测试方法。
- [EN 50332-1] CENELEC EN 50332-1:2013，音响系统设备：与个人音乐播放器相关的头戴式耳机和耳机。最大声压级测量方法。“单一包装设备”的一般方法。

- [EN 50332-2] CENELEC EN 50332-2:2013, 音响系统设备: 与个人音乐播放器相关的头戴式耳机和耳机。最大声压级测量方法。如果其中一个或两个单独提供, 则可以与带头戴式耳机的设备匹配, 或者作为单一包装设备提供, 但两者之间使用标准化连接器, 则允许组合不同制造商或不同设计的组件。
- [EN 50332-3] CENELEC EN 50332-3:2017, 音响系统设备: 与个人音乐播放器相关的头戴式耳机和耳机。最大声压级测量方法 – 第3部分: 声音剂量管理的测量方法。
- [IEC 60268-1] IEC 60268-1:1985, 音响系统设备 – 第1部分: 概述。
- [IEC 61252] IEC 61252:1993, 电声学 – 个人声暴露计的规范, 包括其AMD1:200和AMD2:2017。
- [IEC 61672-1] IEC 61672-1:2013, 电声学 – 声级计 – 第1部分: 规范。
- [IEC 62368-1] IEC 62368-1:2018, 音频/视频、信息和通信技术设备 – 第1部分: 安全要求。
- [ISO 226] ISO 226: 2003, 声学 – 正常的等响度级等高线
- [ISO 11904-1] ISO 11904-1:2002, 声学 – 测定来自置于耳边之声源的声音不可量物侵害 – 第1部分: 在真耳中使用麦克风的技术 (MIRE技术)

### 3 定义

#### 3.1 他处定义的术语

本建议书使用了下列他处定义的术语:

**3.1.1 计算得到的声音剂量 [IEC 62368-1]:** 关于声音暴露的一周滚动估算值, 以视为安全的最大值的百分比来表示。

注 – 更多信息请参见[EN 50332-3]的B.4。

**3.1.2 HATS的漫射场频率响应 (拾音) [ITU-T P.58]:** 耳膜参考点 (DRP) 声压的第三音级频谱水平与无HATS的漫射声场中HATS参考点 (HRP) 点上声压的第三音级频谱水平之差, 以dB为单位。

**3.1.3 耳膜参考点 [b-ITU-T P.10]:** 对应耳膜位置、位于耳道末端的一个点。

**3.1.4 自由声场 [ISO 3745]:** 无边界的、均匀、各向同性媒质中的场。

**3.1.5 HATS的自由场频率响应 (拾音) [ITU-T P.58]:** 耳膜参考点 (DRP) 声压的第三音级频谱水平与无HATS的自由声场中HATS参考点 (HRP) 点 (测试点) 上声压的第三音级频谱水平之差, 以dB为单位。

**3.1.6 头部和躯干模拟器 [b-ITU-T P.10]:** 从头顶向下延伸到腰部的人体模型, 用以模拟正常的成年人呈现的拾音特性和声衍射, 并重现人口腔产生的声场。

**3.1.7 受训人员 [IEC 62368-1]:** 受训人员是指由技术人员指导和培训过的或者由技术人员督导过的人员, 用于识别可能引起疼痛的能量源 (见表1) 并采取预防措施, 以避免无意接

触这些能量源或暴露于这些能量源下。在正常的工作条件、异常的工作条件或单一的故障条件下，受训人员不应暴露于包含能够造成伤害的能量源的部件下。

**3.1.8 材料听力损伤 [b-NIOSH]:** 在1 000 Hz、2 000 Hz、3 000 Hz和4 000 Hz频率上，两只耳朵听力阈值水平的平均值超过25 dBHL。

**3.1.9 真耳中的麦克风 [ISO 11904-1]:** 指使用插入受试者耳朵中的微型麦克风或探针式麦克风进行的测量。

**3.1.10 瞬时暴露水平 [IEC 62368-1]:** 根据[EN 50332-1]第4.2节，从应用于两个信道的HD 483-1 S2测试信号估算1 s声音暴露水平的度量。

注1 – MEL以dB为单位进行测量。

注2 – 更多信息请参见[EN 50332-3]的B.3。

**3.1.11 普通人 [IEC 62368-1]:** 普通人是指受训人员和技术人员以外的所有人。普通人不仅包括设备的使用者，还包括可能访问设备或可能在设备附近的所有人。在正常的操作条件或异常的操作条件下，普通人不应暴露于包含能够引起疼痛或伤害的能量源的部件。在单一故障情况下，普通人不应暴露于包含能够造成伤害的能量源的部件下。

**3.1.12 个人音乐/媒体播放器 [IEC 62368-1]:** 个人音乐播放器是供普通人使用的便携式设备，它：

- 旨在允许用户收听音频或视听内容/材料；以及
- 使用听音设备，例如，可以佩戴在耳朵内、耳朵上或耳朵周围的头戴式耳机或耳机；以及
- 有一个播放器，可穿戴在身上（尺寸适合放在衣服口袋中），使用者可在连续使用的同时四处走动（例如，在街道上、在地铁中、在机场中等）。

注 – 例如，便携式CD播放器、MP3音频播放器、具有MP3类型功能的移动电话、PDA或类似设备。

**3.1.13 技术人员 [IEC 62368-1]:** 技术人员是指在设备技术方面接受过培训或拥有经验的人员，尤其是了解设备中所用之各种各样能量和能量大小的人员。技术人员有望利用其接受的培训和拥有的经验来识别能够引起疼痛或伤害的能量源，并采取行动保护免受这些能量的伤害。还应保护技术人员避免无意接触能够引起伤害的能量源或暴露于此类能量源下。

**3.1.14 声音暴露 [EN 50332-3]:** 在 $t_2$ 与 $t_1$ 之间的规定时间周期内，对A加权声压 $p_A$ 进行平方和积分：

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

**3.1.15 声压级 [b-ITU-R V.574]:** 声压与参考声压 $p_0$ 之比的对数，一般用分贝表示(dB SPL)，通常为20  $\mu$ Pa。请注意，当比值在两个声压之间，而不是两个声强之间时，应使用系数20：

$$SPL = 20 \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

## 3.2 本建议书定义的术语

本建议书定义了以下术语：

**3.2.1 声反射阈值:** 声音刺激可触发镫骨肌反射（SMR）的声压级（SPL）。

**3.2.2 声创伤:** 单次暴露于声音导致听觉系统立即受伤。

**3.2.3 损伤风险准则：**一个古老的术语，指的是各种各样噪声暴露引起的噪声所致听力损失（NIHL）的风险。在本建议书中，本术语被几个首选的当代术语所取代：“剂量 – 响应关系”、“风险”或“暴露限值”。

**3.2.4 dBA：**使用A加权网络[IEC 61672]和IEC 60268-1测得的声压级分贝，参见图II.2；用于测量低强度噪声（大约40 phon响度级）的频率加权，也常用于测量职业性和环境性的噪声暴露。

注 – 后者的使用是基于20世纪50、60年代对暴露于噪声的工作场所人群的研究。这类工作建议使用A加权，因为它可用于声级计中且能够预测[b-Burns-1973]和[b-Burns-Robinson]所研究的噪声频谱的剂量 – 响应关系。在此之后，本文档使用A加权在测量噪声暴露[b-Neitzel] 和[b-Fligor]的基础上对暴露于噪声人群每周的声音容限进行了分析。

**3.2.5 dBFS：**dB满量程是数字信号相对于其过载或最大电平的信号电平。存在不同的约定。通常为全量程正弦曲线的数字表示分配0 dBFS RMS的值。然后峰值电平可达到+3.01 dBFS。在其他情况下，数字满量程方波的RMS电平被指定为0 dBFS RMS。然后最大峰值水平也是0 dBFS。对后一种情况，dBFS等于dBov。（dBov：相对于数字过载的dB是数字信号相对于其过载或最大电平的信号电平。请参见[ITU-T G.100.1]。）

**3.2.6 dBHL：**某一频率上的听力水平分贝；用于测量相对于定义为正常水平的听力阈值的一个级。

注 – 在不同频率下，拥有正常听力的人的耳朵灵敏度，这是参考。[ISO 226]的图1显示了不同声压下标准化的等响度级等高线，是phon（响度）与dB SPL（级）的映射，两个标度在1 kHz处相交。dB SPL，根据定义，参考1 kHz频率上的听力阈值，即0 phon（和0 dB SPL）。

**3.2.7 漫射声场：**指的是一个场，当中，在媒质的任何位置上，声音从各个方向以相同的强度和随机相位入射。混响声音不随接收器位置而变化。（改编自[b-Vér]）

**3.2.8 （声音）剂量：**人耳在一个特定周期内收到的声能总量。在本建议书的范围内，它同声音暴露量（见第3.1.14节）。（声音）剂量的单位是Pa<sup>2</sup>h。

**3.2.9 剂量测定：**计算和评估人耳收到的声音剂量。

**3.2.10 等能量原理：**前提是声音的总效应与耳朵收到的声能总量成比例，而不管该能量在时间上的分布情况如何。根据该原理，无论能量在时间上的分布如何，等量的声能预期都会引起等量的声音所致永久性听力阈移。这一原则允许将声音暴露造成的听力损伤风险与声音剂量联系起来。

**3.2.11 等效连续A加权声压级：**dBa中的连续声压级（SPL），被认为与时变SPL具有相同的风险，使用水平与时间之间的3 dB交换率来计算。在数学上，它表示为：

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dBA}$$

其中：

$L_{Aeq,T}$  为等效连续A加权声压级20 μPa，在时间积分区间 $T = t_2 - t_1$ 上确定。

$p_A(t)$  为声音信号的瞬时A加权声压。

$p_0$  为20 μPa的参考声压。

**3.2.12 等效连续平均声级归一化：**dBa中的连续SPL，被认为与某个时变SPL模式具有相同的风险，使用3 dB交换率来度量，归一化为一个时长为n小时的暴露周期。例如，n的值可以是8，在这种情况下，这也可以称为 $L_{A8hn}$ 或 $L_{EX8h}$ ，或者 $n=40$ ， $L_{EX40h}$ 。

**3.2.13 过大风险：**与特定暴露量相关的声音所致听力损失（SIHL）的风险。

**3.2.14 交换率：**平均噪声水平的变化（以dB为单位），对应于允许的暴露时间的加倍或减半。

**3.2.15 频率响应：**在本文的情形中，频率响应是“灵敏度与频率响应”的缩写，有时也称为音频设备的“音调曲线”，如头戴式耳机、扬声器、麦克风、放大器等。

**3.2.16 听力阈值水平：**特定听力测试频率下的声压级（SPL），以dBHL为单位来度量。

**3.2.17 听音装置：**用于将声音传递到耳朵的可穿戴装置。

由换能器和适于装在耳朵内、耳朵上或通过耳朵收听的装置组成。例如，头戴式耳机和耳机。

头戴式耳机和耳机可包括放大器和其他电子装置，如用于无线或数字连接、信号处理、噪声消除，甚至用于后续回放的媒体存储。因此，配置此功能的头戴式耳机和耳机可被归类为个人音频系统。

注 – 本建议书大部分内容基于[IEC 62368-1]中规定对能源进行分类以及针对能源保护措施的原则。

**3.2.18 媒体：**用于娱乐目的的音频或视听内容，长期暴露可能导致听力损失。例如，音乐、游戏和播客。

**3.2.19 个人音频设备：**一种便携式设备，设计用于佩戴在身上或放在衣服口袋中，以允许用户收听各种各样形式的媒体。它可以与收听设备连接。个人音频设备的一个示例是个人媒体播放器（PMP）。

**3.2.20 个人音频系统（PAS）：**由个人音频设备和听音设备组成的一个系统。例如连接到头戴式耳机的个人媒体播放器，以及能独立于外部PAD播放本地存储内容的头戴式耳机。

**3.2.21 安全听音设备：**符合要求和标准的个人音频设备/设备，从而最大限度地降低可能给用户造成的听力损失风险，（因其使用而）可被称为安全听音装置。它可包括与收听设备一起使用的音乐播放器（MP3播放器、智能电话和个人音乐播放器）。

**3.2.22 声音容限：**在某一滚动时间周期内（如每天或每周）声音暴露剂量的估算值，通常以视为安全的最大值的百分比来表示。每周的声音容限相当于100%计算得到的声音剂量（CSD）。

**3.2.23 声音所致：**指的是因暴露于声音而产生的一个状态或品质。声音可以是音乐或“噪声”（的一部分），暗示声音非期望之声音。

**3.2.24 声音所致永久性听力阈移：**与永久性声音所致听力损失（SIHL）同义。

**3.2.25 声音所致暂时性听力阈移：**声音所致听力损失（SIHL）是因暴露于声音而导致的，但在低声条件下经过足够的时间后可恢复。

**3.2.26 声音所致耳鸣：**在过度的声音暴露后，对耳朵或头部幻象声音的暂时性或永久性感知。

**3.2.27 镫骨肌反射：**当耳朵暴露于高强度声音时，听小骨的镫骨肌和鼓膜张肌收缩的过程。这也称为听觉反射。

**3.2.28 换能器：**将能量从一种形式转换为另一种形式的电子设备。

## 4 缩写语和首字母缩略词

本建议书采用下列缩写词和首字母缩略语：

ALD            辅助听力设备

ANR	主动降噪
ART	声学反射阈值
CLL	所选听力水平
CSD	计算得到的声音剂量
DAC	数模转换
dBA	使用A加权网络测得的声压级分贝
dBFS	分贝满量程
dBHL	听力级的分贝
DRP	耳膜参考点
ER	交换率
HATS	头部和躯干模拟器
HTL	听力阈值水平
LEQ	等效连续平均声级
LEX	等效连续平均声级归一化
MIRE	真耳中的麦克风
NIHL	噪声所致听力损失
NIPTS	噪声所致永久性听力阈移
PAD	个人音频设备
PAS	个人音频系统
PLD	个人听音设备
PMP	个人媒体播放器
RMS	均方根平方
SEL	声音暴露水平
SIHL	声音所致听力损失
SLD	安全听音设备
SMR	镫骨肌反射
SPL	声压级
TTS	暂时性听力阈移
VR	虚拟现实

## 5 惯例

无。

## 6 安全听音：引言

因暴露于声音和噪声而造成的暂时性和永久性听力阈移是一个正变得日益严重的公共卫生问题，尤其在儿童和青少年中。事实上，声音所致听力损失（SIHL）是世界上可预防听力损失的主因。从20世纪90年代初到2000年，据估计，SIHL的年轻人数量从6.7%增加到18.8%。其中一些可归因于这样一个事实：在这个时代，年轻人正在利用其闲暇时间开展各种活动，这些活动因使用个人音频系统（PAS）或参加音乐会、酒吧、俱乐部等公共活动而使之暴露于高音量的音乐下。尽管出现了这种新兴的“流行病”，但目前几乎没有任何标准集来限制这种非职业环境中的声音暴露，尤其对PAS。本建议书旨在弥补标准化方面的这一差距。

可以认为，通过安全的听音行为来预防听力损失是个人的责任。不过，提高意识和创造一个安全的听音环境的责任在社区、设备制造商、政府和其他利益攸关者手中。

听力损失可由长时间聆听高音量的声音造成。个人音频设备（PAD）的不安全使用对数百万人的听力构成威胁。

这种听力损失是永久性的，但可以通过安全的听音行为来好好地预防。适当的技术可以帮助降低不安全听音行为的风险。符合标准要求的个人音频设备/系统（旨在最大限度地降低用户遭受听力损失的风险），（因其使用而）可能被称为是一个安全的听音设备/系统。

安全听音这一术语是指听音行为不会使人们的听力遭受风险。一个人失去其听力的风险取决于该人暴露于多大的声音下、暴露多长时间以及暴露的频度。这种暴露可能是通过以下方式造成的：个人音频设备或娱乐场所以及周围环境，如交通工具、工作场所或家庭。

声音容限这一术语是指个人在不将其听音置于危险下时可以接收的、可接受的声能水平。每周声音容限可与术语“100%计算得到的声音剂量（CSD）”互换使用（请见第3.1.1节）。建议对健康传播目的采用“声音容限”这一术语而非“声音剂量”。还应注意的是，根据本建议书所述，确定的声音容限忽略了从个人音频设备以外来源的声音暴露。根据这些暴露的情况，个人仍然存在听力损失的风险。

应用本建议书时需要考虑的使用案例可在[b-FSTP-SLD-UC]中找到。

### 6.1 背景

附录VIII提供有关安全听音的背景信息。

### 6.2 个人音频系统

个人音频系统（PAS）在第3.2.20节中予以定义，图6-1显示了PAS的一般架构。

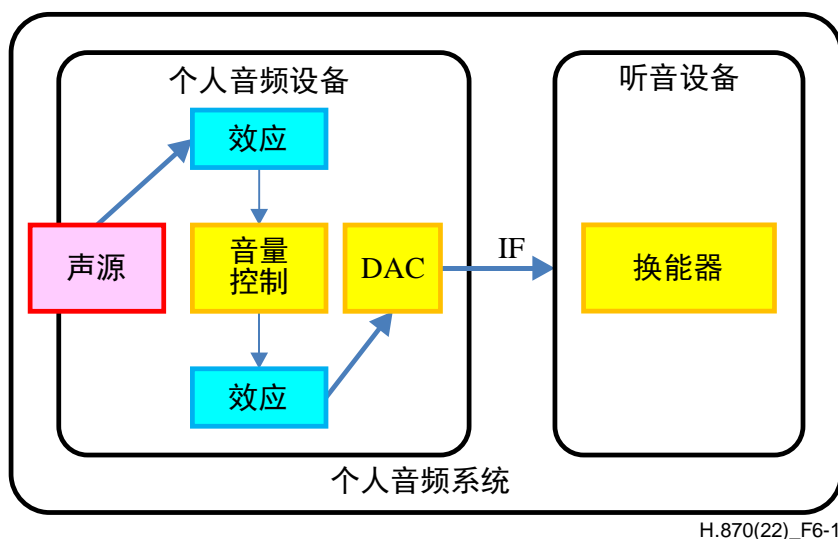


图6-1 – 个人音频系统（PAS）的架构

在该图中，可以存储在本地设备或远程检索“源”，例如，自本地服务器或互联网的流式传输。

PAS旨在供普通人使用，以及

- 旨在允许用户收听音频或视听内容/材料；以及
- 使用听音设备，例如，可以佩戴在耳朵内、耳朵上或耳朵周围的头戴式耳机或耳机；以及
- 有一个播放器，可穿戴在身上（尺寸适合放在衣服口袋中），使用者可在连续使用的同时四处走动（例如，在街道上、在地铁中、在机场中等）；以及
- 具有用户用来调节传递到耳朵的声音音量的装置。

例如，便携式CD播放器、MP3音频播放器、具有MP3类型功能的移动电话或平板智能手表、可本地存储音频内容的头戴式耳机，或内置无线连接到音乐服务器，无需使用单独的PDA。

要求不适用于：

- 专业设备；
- 助听设备和其他辅助听力设备；
- 以下类型的模拟个人音乐播放器：
  - 长距离无线电接收器（例如，多频段无线电接收器或世界频段无线电接收器、AM无线电接收器）；以及
  - 盒式磁带录音机/录音机；

注1 – 允许这种免除，因为该技术正退出使用，预计在几年内它将不复存在。这种免除不会扩展到其他技术。

- 连接到外部放大器的播放器，它在使用时不允许用户四处走动。

注2 – 除上述内容外，通信设备不在本建议书的讨论范围之内。

注3 – 与此同时，当前的焦点是音乐，但游戏和虚拟现实有待未来研究。



### 6.2.1 对头戴式耳机和耳机的考虑

使用便携式设备利用头戴式耳机/耳机进行收听的情况有别于家用扬声器的声音再现。对使用便携式音乐播放器利用头戴式耳机进行收听的习惯研究表明，听力水平因人而异 [b-SCENIHR]。使用某些便携式播放器和头戴式耳机，可能以较高的音量进行播放。设备的便携性也增加了达到长时间暴露程度的风险。

当暴露于诸如音乐会或俱乐部中的高音量声场时，除了通过耳朵的刺激之外，还可以感知到身体的振动。在耳机/头戴式耳机的情况下，振动部分缺失。

图6-2包含一个有关耳机类型（耳塞式耳机和贴耳式耳机或隔离器）与所选听力水平（CLL）之间关系的示例，具体取决于周围环境（飞机、公交、安静的环境等）。

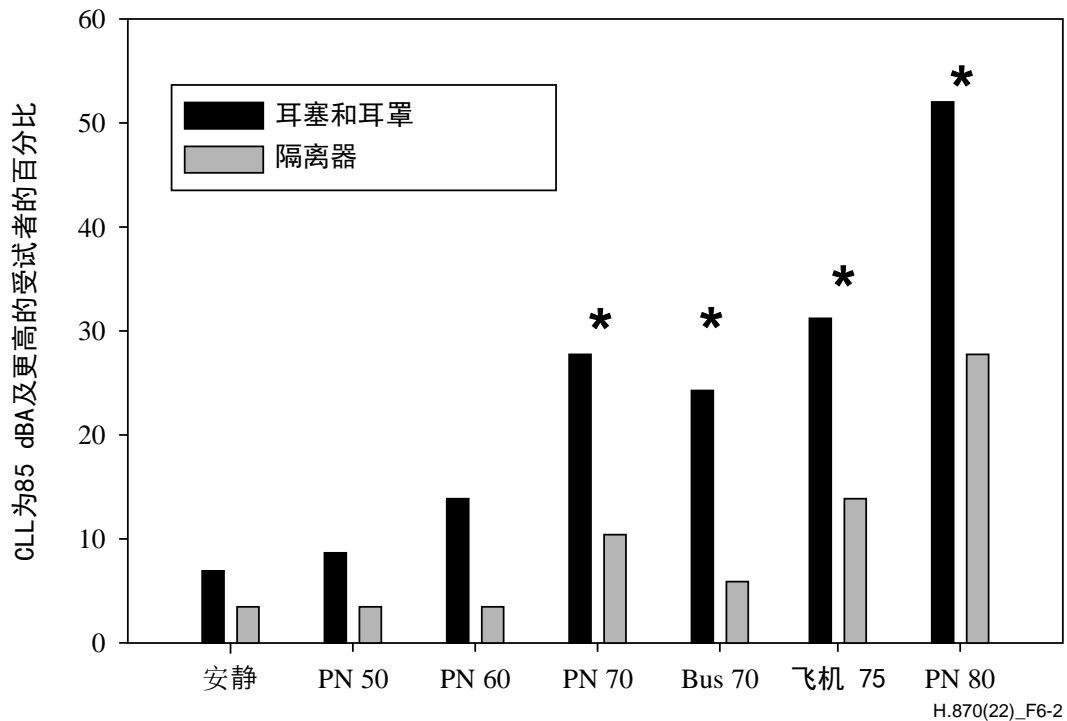


图6-2 – 头戴式耳机类型和选定的听力水平[b-Portnuff]

### 6.2.2 关于个性的说明

耳道尺寸的个体差异会影响耳道共振的频率和振幅。

对于诸如身高和性别差异以及个体头围等因素的考虑或者甚至个体耳道的共振特性的测量，将导致对个体差异的弱化，这是迄今为止的医学实践强烈建议的。

### 6.2.3 测量指南

如果测量PAS的模拟电输出电平，则应使用[ITU-T P.381]第7.2.2节中所述的程序，使用相关的指定测试装置。这包括以定义的数字电平回放某个节目的模拟信号，使用电阻负载模拟头戴式耳机以及适当测量播放器的输出电压。

如果测量头戴式耳机/耳机的整体电声灵敏度，则应使用[ITU-T P.381]第8.2.2节中所述的程序，使用相关的指定测试装置。如果作为频率的一个函数来测量头戴式耳机/耳机的电声灵敏度，则应使用[ITU-T P.381]第8.1.5节中所述的程序，使用相关的指定测试装置。这可用于有关声音剂量估算器的例子，如本建议书附录II中所述。

这些头戴式耳机测量包括在定义的电平下回放某个节目的模拟信号、头部和躯干模拟器（HATS）、适当测量某个输入电压的输出声压，包括对HATS上头戴式耳机的若干“重新定位”求平均。

出于协调目的，这些ITU-T建议书部分地参考了CENELEC EN 50332系列规范。对数字接口，CENELEC规范中也有相应的指南。

注 – [ITU-T P.381]涉及常用的3极或4极3.5毫米或2.5毫米直径的插孔/插头。对5极连接器，[ITU-T P.382]中有相应的指南。

如果测量包括头戴式耳机/耳机在内的便携式音乐播放器的整体声输出水平，则应使用[EN 50332-1]中的步骤。

## 7 损害风险准则

### 7.1 工作模式

要求PAS或PAD都包含一个跟踪用户暴露时间的系统，并估算声级和使用的参考暴露（声音容限）。这包括在用户使用耳朵/头戴式耳机期间通过设备或系统的所有媒体回放（即本地存储的或流媒体的）。可以排除语音呼叫，因为它们通过其他标准来单独规定。

该系统应根据以下模式确定用户的暴露：

– 模式1：（WHO）针对成人的标准水平：这将把每7天1.6 Pa<sup>2</sup>h用作参考暴露。

注1 – 该值改编自[IEC 62368-1]，并基于[b-2009/490/EC]中提到的值，其中规定，当低于80 dB（A）时声音是安全的，每周最多听音40小时。因此，100%计算得到的声音剂量（CSD）的值对应于40小时的80 dB（A）。

建议设备或系统为喜欢或受益于模式2所述的更保守水平的用户提供一个更保守的模式：

– 模式2：（WHO）的标准水平，适用于喜欢或可能受益于较低声级的用户（如儿童）：这将把每7天0.51 Pa<sup>2</sup>h用作参考暴露。

允许设备或系统用户选择其参考暴露作为以下两种模式之一。

注2 – 参考暴露源自80 dBA（模式1）和75 dBA（模式2）SPL，每周40小时（反过来，源自每天8小时，每周5天）。

注3 – 以所用百分比表示暴露的一个替代方案是，用达到某个暴露量前所剩时间来表示（例如，在达到100%前，当前回放级上的剩余回放时间）。

建议在首次使用播放器时（或在设备重置为出厂设置时）会给出模式选择。建议用户可以在之后的任何时候改变模式选择，例如，通过设备配置菜单。

基于上述模式的声音容限的每周收听时间示例请参见表1和表2。

表1 – 模式1的每周收听时间示例

dB(A) SPL	每周 (1.6 Pa <sup>2</sup> h)
107	4.5 min
104	9.5 min
101	19 min
98	37.5 min
95	75 min
92	2.5 h
89	5 h
86	10 h
83	20 h
80	40 h

表2 – 模式2的每周收听时间示例

dB(A) SPL	每周 (0.51 Pa <sup>2</sup> h)
107	1.5 min
104	3 min
101	6 min
98	12 min
95	24 min
92	48 min
89	1 h 36 min
86	3 h 15 min
83	6 h 24 min
80	12 h 30 min
77	25 h
75	40 h

## 7.2 声音剂量估计的不确定性

在估计声音剂量时，存在一些不确定性。不确定性的一些来源是：

- 声源；
- 因生产公差而导致的单个型号头戴式耳机特性的变化；
- 因未知的头戴式耳机类型而导致的变化；
- 制造容差；
- 因人工错误选择头戴式耳机类型而导致的错误；
- 表征过程中适于人造耳的变化；
- 人造耳与真耳之间的不完美关系；

- 标准化的漫射场校正与各种人体头部相关的传递函数之间的不完美关系；
- 适于人耳的各种变化；
- 表征播放器特性中的不确定性，特别是因图II.5所示之替代实施方案中的非线性处理而造成的不确定性；
- 计算错误；
- 用户个人对声音暴露的敏感性；
- 来自其他声源的暴露。

由于这些不确定性中的一些通常是几个dB，并且3 dB的误差构成100%的剂量误差，因此剂量估计的不确定性可以预期为百分之几百。因此建议基于低于某一限度的剂量读数来避免向用户发出“安全”和“绿色”信号。

不过，剂量估算与总体趋势的估计相关：

- 信号电平越高，意味着风险越高；
- 暴露时间越长，意味着风险越高；
- 考虑音乐的频谱内容。

关于该主题的更多细节有待未来研究。

## 8 测量方法

### 8.1 声音剂量的测量

#### 8.1.1 主要的相关标准

[EN 50332-1]、[EN 50332-2]和[EN 50332-3]描述了PMP中的剂量测量系统。[IEC 61252]描述了佩戴在身体上的声音剂量计。

#### 8.1.2 声音剂量学中关于剂量的定义

声音剂量测定中的剂量如以下公式计算得到：

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt,$$

其中， $p_A$ 是A加权和漫射场校正的声压。

例如，在40小时的持续暴露时间内经受80 dB SPL(A)时获得的剂量计算如下：

- 均方根（RMS）声压为： $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20\mu Pa}{1Pa} = 0.2 Pa$ 。因此，剂量为： $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$ 。

这样一个特定剂量可以定义为参考剂量，在某个特定周期内测得的暴露估计值可以表示为该参考剂量的一个百分比。

1.6  $Pa^2 h$ 构成100%的每周声音容限，相当于[EN 50332-3]中定义的100%计算得到的声音剂量（CSD）。

有关剂量测定实施方案的示例，请参见附录II。

### 8.1.3 声音剂量计功能的测试

通过根据[EN 50332-1]和[IEC 60268-1]播放节目模拟声音来测试声音剂量计的功能，并使用[EN 50332-3]中所述的插值和容差来测量声音剂量估算达到100%CSD前的时间。这种测试可以在声学领域中来实施（当使用已知灵敏度和频率响应的头戴式耳机时），或者在电子学领域中使用一个32  $\Omega$ 的电阻负载来实施（当头戴式耳机特性未知时）。请参见[ITU-T P.381]中的测量设置信息。

注 – 还应考虑如[EN 50332-1]中数字信号的测试方法，对之有待进一步研究。

当内容级在-28 dBFS到-4 dBFS变化时，建议验证声音剂量的增长率是输出电平每增加3 dB时的两倍（参见[EN 50332-1]中的dBFS定义），同样，在音量控制设置变化时也是如此。

建议按照[IEC 61252]中的描述来测试A加权滤波器和其他详细的声音剂量计特性。

## 9 耳机的灵敏度范围和频率响应

用户获得的来自音量控制的信号链增益和听音设备灵敏度的知识，对合理精确地计算声音剂量是重要的。对于由连接到未知类型无源头戴式耳机（不含电子设备）PAD组成的最简单PAS，计算声音剂量应假设最大允许头戴式耳机灵敏度[EN 50332-3]。

然而，配备无线或有线数字接口的头戴式耳机给用户带来的便利性，致使简单的无源头戴式耳机迅速转变。此举为CSD更准确和更好地促进安全聆听带来了新的可能性，包括：通过收听设备向PAD传递灵敏度，包括因内部处理引起的变化；

- 在听音期间计算用于与PAD通信的收听设备的CSD增量；
- 个人用户耳朵的密封质量的系统知识，提供了比在实验室声学测试人体模型上测量的更相关的灵敏值；
- 提升内容清晰度的个性化处理，使较低水平的清晰度更容易被接受。

能实现这些可能性的、日益常见的PAS由智能手机PAD组成，包括通过蓝牙连接到有信号处理能力的头戴式耳机。考虑到现有的技术能力，为刺激未来的发展，建议采用两个一般原则：

- 从存储的音乐文件传到耳朵，声音剂量增量的计算应在信号链中尽可能晚地确定，因为这是对CSD增量的最佳估算。尤其是，CSD增量应包括信号链中所有音量控制的效果。
- 随时间推移积累的CSD，以确定用户已接收到的每周声音容限比例，在拥有可视屏的设备中，能让丰富的健康交流消息更好地影响用户行为。这样的设备亦是最适合维护或连接存储用户个人健康信息的数据库。

考虑到这些原则，受当前音量设置的影响，如果收听设备能够通过数字接口传达其灵敏度值，则应使用这些灵敏度值而不是允许的最大耳机灵敏度。此外，如果收听设备能够确定整个或部分收音时段的CSD增量，并通过数字接口进行通信，则PAS应使用这些值，而不是PAD计算的CSD增量。

这种能力可能使听力在简单、单一音乐播放器的使用案例外更安全。此领域有待进一步研究。

## 10 配置文件

一个拟议的配置文件或不同等级的PAS，旨在提供一种手段，以简单且有意义的方式向终端用户表明不同PAS实施的相对确定性，建立计算声音剂量和由此产生的结果通知的信任。

## 11 健康通信

“让听音更安全”战略（见附录I）的目的是通过受众人群（个人音频设备用户）的安全听音来减少听力损伤风险。有鉴于此，针对安全听音设备的标准包括一种工具，方便人们监测其个人的声音暴露情况。这一手段需能够赋予用户有关安全听音的选择权，同时保持优质的声音输出。在拥有这一手段的情况下，赋予设备使用者能力，使其通过更清醒的认识和更多的信息做出正确的听音选择，这一点亦十分重要。

为此，本节概要阐述须应用于完整落实安全听音设备标准的健康通信方面问题。

本节旨在使个人音频设备制造商了解如何在用户/消费者中促进安全听音。具体而言，本节介绍基于证据的建议 – 如何传达不安全听音的风险以及如何支持用户/消费者在此方面采取适当的行为。这些建议是通过得到同行评审的文献或通过研究目标人群（即个人音频设备用户）的听音习惯所获证据而提出的。

### 11.1 将健康通信作为安全听音个人音频系统标准一部分的目的

目的是为了为用户提供相关信息和指南，使之能够做出安全听音方面的选择。其中包括提供：

- “个人使用信息”，以使用户了解：
  - 其个人听音习惯（每日和每周声音允许量的使用情况）；
  - 如何使用具体设备的安全听音功能特性。
- 安全听音方面的“个性化建议和行动提示”，基于每个用户的听音情况为之量身定制建议和提示；
- 有关下列方面的“一般性信息”：
  - 安全听音以及实践方法；
  - 与不安全听音相关的风险；
  - 由非个人音频系统造成之巨大声音而带来的听力损伤风险。

该信息和指南须通过用户的移动设备以默认方式与之分享，以便降低听力损伤的风险。

### 11.2 作为安全听音设备标准一部分的通信方面的关键性建议

须通过下列手段提供有关安全听音的信息和消息：

- 设备接口<sup>1</sup>（在提供适当音频或视像接口的情况下）；
- 使用说明手册。

应在包装上包含有关设备安全听音功能特性的说明。

#### 11.2.1 设备接口用户信息

第11.2.1.1节和第11.2.1.2节概要介绍须通过设备接口为用户提供的信息。

---

<sup>1</sup> 系指有助于用户与电子设备互动的硬件成分（如屏幕）。

### 11.2.1.1 个人使用信息

用户须能获得确定用户听音习惯的、关于不同听音参数的信息，以方便用户随时了解通过其设备而暴露于声音下的情况。如果设备带有一个屏幕，则可通过屏幕上的图标实现这一点。通过图标，用户须能以便于理解的形式看到其每日/每周在声音允许量方面的使用情况，例如，用户可以看到已使用了多少每周声音允许量，并了解其在过去的七天中具有什么样的听音行为。

如果设备没有屏幕，则应通过替代性手段，如声音提示或通过另一个有屏幕的设备来提供相关信息。

注 – 针对这类设备（没有屏幕），可能无法给用户提供实时反馈，反馈需稍后。

设备（在具备相关功能的情况下）应显示：

- a) 当天和本周的平均声音音量；
- b) 用户在当天或本周听音的小时数和分钟数。

图11-1提供了一个非规范性的、有关安全听音的信息提示示例，它在智能手机的视像接口上提供。



H.870(18)-Err.1(18)\_F11-1

图11-1 – 在智能手机视像接口上提供安全听音信息示例

### 11.2.1.2 消息

设备须为用户提供警告和行动提示：

- a) 在用户超过100%的每周允许量时，设备须提供相关警告和行动提示。在附录VII中提供了有关制定此类消息的建议。
  - 用户须首先收到一条“警告”消息，以文本和视像形式告知其已达到门限，并告知，从现在起，以同样音量再听下去将给其听力带来风险。
  - 警告之后是“行动提示”，以便使用户或选择继续听音带来的风险或保护其听力免遭损伤。“行动提示”应与设备上的下列活动选项相关联：
    - 自动安全音量选项 – 通过该功能选项设备自动将音量调至更安全的听力音量水平；

- 直接接入音量设置;
  - 设置默认音量限制;
  - 晚些时候提醒选项;
  - 忽略并继续选项。
- 如果用户不采取任何行动，则音量会被自动降至低于标准音量，如第13.1节所述，（经漫射场校正后，DRP处的声级不高于80或75 dBA（根据选定的模式）。

注1 – 制造商实施这一功能特性的时间范围将符合CENELEC提出的建议。

注2 – 如果在达到用户每周容限的100%时，音量自动降低到80 dBA（敏感听众为75 dBA），用户的声暴露将继续增加超过100%。因此，这样的行动不能完全防止对听力的进一步风险；相反，其目的是保证用户在确认警告之前，听音不会超过中等水平。

- b) 当允许的声音使用达到某个预先确定的程度时，设备应提供相关的消息。建议的程度等级和样本内容，请参考附录VII.1，达到相应程度，将发出警告/提示。

这类警告取决于设备的能力，并应是多模式的，例如视像、振动或音频警告等形式，以确保引起用户对这些警告的注意。图11-2给出了在智能手表上显示消息的非规范性示例。



H.870(18)\_F11-2

图11-2 – 在智能手表上显示的相关消息示例

- 每日消息：设备应提供每日使用情况的概要消息，它基于用户在过去若干天内的听音行为，鼓励用户养成安全的听音习惯，阻止或告诫其不安全的听音习惯。VII.3节提供了有关此类消息的示例。

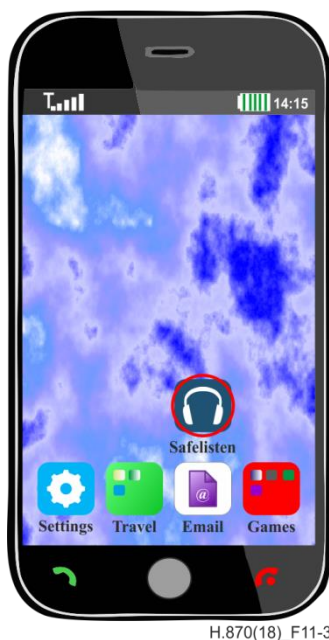
### 11.2.2 一般性信息

- 当设备配有一个屏幕时，须在屏幕上显示有关何为安全听音及其益处的信息以及不安全听音可能带来的风险的信息。

注 – 预计上述信息无需过多导航即可获得。

建议通过清晰明了、易于辨认的图标在用户接口（主屏幕上）提供这一信息。图11-3给出了一个在智能手机屏幕上显示安全听音图标的非规范性示例。





H.870(18)\_F11-3

图11-3 – 在智能手机屏幕上显示的安全听音图标

应提供一份可告知用户何为安全听音行为、不安全听音行为有什么风险以及设备具备之安全听音功能特性和如何使用这些功能特性的学习指南。屏幕还应包括指向用户可找到更多信息之相关网页的链接。图11-4给出了链接安全听音信息和外部链接的非规范性示例。



H.870(18)\_F11-4

图11-4 – 链接安全听音信息和外部链接的屏幕示例

## 11.2.3 通过设备本身以外的手段提供的信息

### 11.2.3.1 用户手册

用户手册须清楚地指明使用本设备方面的不安全听音做法会对听力带来永久性损伤的风险。

用户手册还应详细说明音量限制功能和行动提示。

用户手册还应清晰地概要说明允许量评估系统的工作方式并指出其不确定性。

用户手册应清晰地指明有关设备的信息未考虑更多的声音暴露源，它们或源自其他的音频设备，或源自环境声音暴露。

用户手册亦可提供有关保护听力免受巨大环境声音影响的信息，以便最大限度地降低听力损伤的风险。

### 11.2.3.2 包装

强烈建议在设备的外包装上或外包装中包含相关消息/警告。建议这类警告/消息应：

- 言简意赅且清晰明了；
- 带有相关图示；
- 背景清晰简单。

### 11.2.3.3 网站和广告

生产商网站应提供有关安全听音的信息（如支持设备接口信息，请参见第11.2.1节）。

制造商网站包含的文本必须是以证据为基础的，而且符合世界卫生组织（WHO）/国际电联（ITU）的安全听音标准建议。还可包含指向WHO网站以及其他相关著名网站的链接。

可能的话，有关产品的广告也应提供相关信息。这类信息可谈及有关设备的不恰当使用可能造成的潜在听力损伤以及安全听音的益处，以便在获得良好听音体验的同时保持健康的听音习惯。

## 12 环境噪声控制

由于听音音量与环境噪声音量密切相关（例如，请见[b-Portnuff]中的图9），因此，使用能提供某种程度环境噪声衰减功能的耳机有助于用户降低听音音量，从而减少总的噪声暴露。可通过无源方式或引入有源噪声控制 – 以电子方式取消环境噪声[b-Berger-Voix] – 来实现这种对环境噪声的衰减。

### 12.1 背景噪声的无源衰减

在收听音乐过程中限制环境噪声的第一种方法包括将耳机功能特性与无源听音保护设备提供的噪声隔离功能相结合。此类耳机可以是较大的头戴式耳机，其硬壳和软垫将确保适当衰减环境噪声。耳机也可以是耳塞式耳机 – 使用滚下泡沫耳塞头、预制耳塞头亦或用户打造的耳塞头，以便在将其恰如其分地塞入耳道时实现实质性衰减[b-Smith-Voix]。这些产品只是简单地使用无源衰减措施，因此有时被称作噪声隔离头戴式耳机/耳塞式耳机。其对环境噪声的合理衰减要求实现耳机塞头与使用者耳道之间的紧密配合，而这是无法通过无所不在的“按钮接收器”实现的（参见[ITU-T P.57]中所述的内耳甲式耳机），上述接收器仅置于耳甲内或在耳道入口处，因此，不提供任何实质性的衰减。

### 12.2 背景噪声的有源减少

一些具备有源噪声减少（ANR）功能的耳机在过去数十年中已经实现商业化 – 形式或是头戴式的耳机或是耳塞式的耳机。这些ANR设备使用模拟或数字控制器来产生具有相同幅度但相反相位的声波做为初始扰动（环境噪声）。这类设备可以非常有效地取消或减少在用户耳膜区域中的背景噪声。

### 12.3 噪声隔离耳机的益处

假设噪声隔离耳机佩戴合适，其使用之在听觉方面的主要益处是可以使耳机佩戴者将听音音量调至更安全的水平，因为环境噪声部分地得到了降低，如[b-Portnuff]图9所示（亦见[b-Voix,Cocq,Hager]）。不过，耳内噪声隔离耳机的恰当佩戴首先难以实现与/或难以长时间保持。噪声隔离耳机佩戴的细小变化不仅影响这些设备能提供的衰减量，而且影响耳机的频率响应，这会大大增加与在闭塞的耳道内提供的声压水平相关的不确定性。对无源耳塞式耳机而言，后者的影响尤为突出，因为这类耳机依赖于完美的封闭耳道来实现完美的噪声隔离和最佳的频率响应。

### 12.4 与噪声隔离耳机相关的、需关注的安全问题

噪声隔离耳机需要提供很高的衰减，以有效降低环境噪声。这类耳机也带来了日复一日使用此种噪声隔离设备的安全性方面的关切，更不要说收听音乐本身对人们注意力造成分散这一问题了。毫无疑问，如果噪声隔离耳机佩戴适当，是可以将环境噪声降至更加难以感知到的、很低的程度。与之相伴的事实是，正在播放的音乐将进一步屏蔽掉剩余的环境噪声，因此这就很容易理解，人们对音频环境的感知也将随之受到影响。在这种情况下，诸如电话呼叫声或汽车喇叭声等这些带有有用信息的环境噪声将丢失，这会对发现、认识和确定各种有害声源带来不利影响。此外，使用噪声隔离耳机还会影响到对声源方位角和仰角的定位以及对距离、速度和方向的估算。

基于这一理由，建议制造商应就用户在从事声音提示异常重要的活动（如在街上跑步、开车等）中使用PAS和相伴的耳塞式耳机/头戴式耳机可能面临的风险发出警告，同时告诉用户在何种情况下失去这类提示可能会对其人身安全带来潜在危险。

## 13 音量控制

### 13.1 音量限制

设备或系统能够为用户提供一种合适的、限制音量的方法。这指的是提供涉及预先确定参考暴露量（声音容限）限值消息的功能特性，且如果未得到回应，将自动降低至设备期望的输出音量，使DRP处的声级经漫射场校正后，不高于80或75 dBA（根据选定的模式）。进一步建议将此设置为默认选项，如用户不希望使用此设置，可选择关闭此功能。

如果得到实施，在用户每一次达到最低的、每周允许量的100%时，须自动提供音量限制选项消息。须向用户发出消息，这将方便他们在不希望降低设备音量的情况下选择“继续听音”选项。如消息未得到回应，则默认行动将是把输出音量降低至预先确定的水平上。可能的话，应提供用户可按其喜好定制音量的选项（在该音量上，用户希望其设备限制音量）。

### 13.2 受密码保护的音量控制

设备或系统应具有这样的可选功能，即通过使用密码，在设置中可固定和锁定最大输出声音。

该功能的意图是方便家长（或其他成年人）以儿童无法改变的方式限制儿童设备的最大输出声音。

该功能还可由单个用户使用，以便用户在希望时可通过固定其设备上的最大输出声音来限制其自身对声音的暴露。

## 14 有关次要关切问题的指南

除PAS自身中换能器和播放设备的直接影响外，在将PAS视为安全的过程中，可能还需要考虑到其他若干点。[b-ITU-T P.360]就此方面提供了一些信息。

- 在连接头戴式耳机或耳塞式耳机时，系统中的瞬变（不期望的噪声）可能会带来尖锐的噪声（咔哒声）；
- 在将某些设备连接或“配对”到一起时会发出“确认声音”以表明设备已成功得到配对。在这种情况下，确认声音的音量可能需要限制在安全范围内。

请注意，这无法由PAD上的“剂量计”来衡量。

# 附录I

## 现状报告

（此附录非本建议书不可分割的组成部分）

世界卫生组织（WHO）估计，目前世界超15亿人患有某种程度的听力损失，其中约30%为致残性听力损失。据估计，按照目前的人口趋势，到2050年，全球可能有超25亿人患有听力损失。虽然这一上升趋势反应了人口结构的变化，但也强调了防范听力损失主因的必要性。

主要可避免听力损失原因之一是被称为噪声引起的听力损失，它是指由于耳朵过度暴露于声能，包括通过个人音频设备和系统收听音乐而导致的听力损失。WHO估计，12-35岁的人群中约有11亿人因不安全的听音方式而面临听力损失的风险。这使得它成为一个迫在眉睫的公共卫生隐患，尤其是现在，未解决的听力损失每年在全球造成的损失达9800亿美金。

为响应其成员国在世界卫生大会WHA70.13号决议提出的要求，WHO正与其他利益攸关方合作，通过提高认识和促进安全听音行为，降低因不安全听音造成的听力损失风险。作出这一改变要求个人音频设备或系统的用户能够访问包含安全听音功能的设备/系统。

为此，世界卫生组织（WHO）在国际电联（ITU）的帮助下，开展了有关安全听音标准的差距分析工作。其结果报告在以下网站提供：

[https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/deafness-and-hearing-loss/monograph\\_on\\_situation\\_analysis\\_and\\_background\\_for\\_standards\\_for\\_safe\\_listening\\_systems.pdf?sfvrsn=336b9823\\_5](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/deafness-and-hearing-loss/monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf?sfvrsn=336b9823_5)

在下列网站中提供了关于“让听音更安全”倡议的其他相关背景文件

<https://www.who.int/activities/making-listening-safe>；总体情况介绍见：[https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe\\_listening\\_initiative\\_background\\_201804.docx](https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx)。

在本标准第1版发布后，少数商业实体实施了其中的一些建议，为其用户提供安全听音的基本信息和选择。本标准的第二版将确保适用于更广泛的设备，并为人们提供更多的安全听音功能，旨在努力促进安全听音，降低全球范围内日益增长的听力损失风险。

## 附录II

### 可在个人音频系统中实施的声音剂量估算功能

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

#### II.1 引言

本附录以示例说明，在测量数字媒体信号和考虑已知或假设头戴式耳机特性时，如何在个人音频系统（PAS）中运用声音剂量计。其基础是听力损伤风险评估中的等能量原则，其中在暴露时间上进行积分的平方A加权声压构成声音剂量。

本附录还讨论了与这种剂量估算相关的不确定性（如置信区间）。

#### II.2 主要相关标准

[EN 50332-3]描述个人媒体播放器（PMP）中的声音剂量测量系统，本附录的目的仅仅是为该标准提供补充信息。

[IEC 61252]描述将在身上穿戴的声音剂量计。

#### II.3 在声音剂量情形中定义剂量

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

其中， $p_A$ 是A加权和漫射声场修正声压。

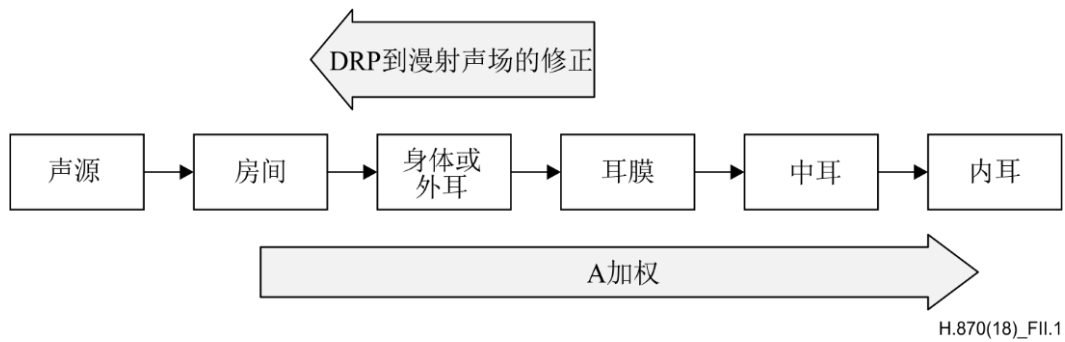
例如，当置于80 dB SPL下获得剂量时，40小时暴露时间的计算如下：

– RMS声压为： $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0.2 Pa$ 。因此，声音剂量为： $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$ 。

这一具体剂量可被定义为参考剂量，而在特定时间段内测得的暴露估算可以表示为该参考剂量的一个百分比。[EN 50332-3]将上述剂量定义为100% CSD。此外，它仅考虑在滚动的7天中获得的剂量。

#### II.4 不同频率的加权

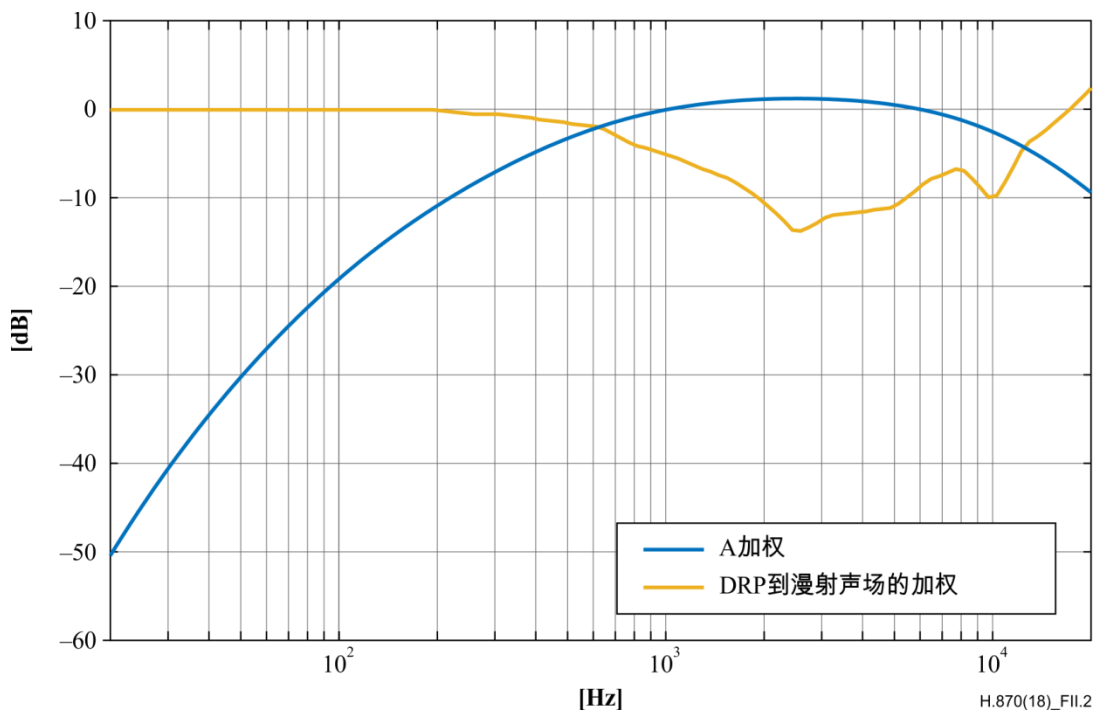
剂量估算相关的潜在听力损伤出现在内耳的耳蜗中，请参见图II.1。凭直觉，修正测量是为了直接反应耳蜗中毛细胞的兴奋。不过，绝大多数关于噪声所致听力损伤研究都以“自由声场”中的音量计读数为基础，如在工厂中的这一读数（严格来讲，通常是在自由声场与漫射声场条件之间的一些读数）。因此，风险评估和行动限制都以此类读数为基础。尽管A加权最初的目的并非具体用于听力损伤风险评估，但研究表明，自由声场的音量计读数很合理地与观测到的噪声所致听力损伤相关联 – 在暴露时间上对平方A加权声压进行积分。



图II.1 – 测量中使用的不同修正方法所发挥作用的概念视图  
旨在为不同的频率给出特定的加权

当使用头部或躯干模拟器在耳膜参考点上测量耳塞式耳机/头戴式耳机/头戴式受话器特性时，漫射声场修正将把测量结果转换为可与自由/漫射声场典型声音剂量计读数进行比较的一个数量。由于最初研究包括进入工作人员耳中的、来自诸多不同入射角的声源，因此在风险评估中没有特定的入射角（例如，前入射的自由声场修正的仰角为0度）；相反，将漫射声场修正用作是各种不同入射角的一个平均呈现。

图II.2所示为A加权和DRP到漫射声场加权。



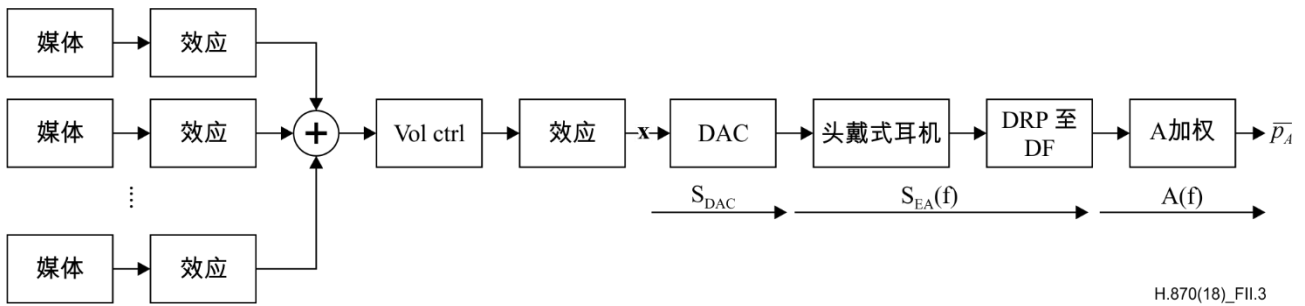
图II.2 – A加权[IEC 60268-1]和DRP到漫射声场修正/加权[ITU-T P.58]

## II.5 个人音频系统（PAS）中的信号捕获点

图II.3以示例说明，音频播放系统和优选的剂量计捕获点，其中恰好在数模转化开始之前收集得到测量的信号x。

由于 $p_A$ 通常不能随时提供，因此此处所示的是如何在播放器（PAD、个人音频设备 – 不带换能器）的数字信号和PAD及头戴式耳机的其他已知或假设特性基础上对 $p_A$ 进行估算。

表II.1说明了剂量估算所需的数量。



H.870(18)\_F11.3

图II.3 – 音频播放系统和优选剂量计捕获点示例

表II.1 – 声音剂量估算所需的数量

数量	说明	单位
$x_L$ 和 $x_R$	在将所有音频来源相加并在进行音量控制和所有音频处理后的、取自PAS音频系统的左信道和右信道数字信号。	采样数值
$S_{DAC}$	数模转换器和随后模拟电路的灵敏度。如果头戴式受话器有数字输入，则该参数归属为头戴式受话器而非播放器。	伏特/采样数值
$S_{EA}(f)$	在耳膜参考点（DRP）测得的、然后采用DRP至漫射声场修正（用于20至20 kHz频率范围）的头戴式耳机的电-声灵敏度。关于头戴式受话器接收频率响应的测量方法，请参见[ITU-T P.381]；有关漫射声场修正，请参见[ITU-T P.58]；更多信息（如五倍回座值（re-seating）和平均值）见[ITU-T P.380]。	帕斯卡/伏特
$A(f)$	A加权过滤器网络，关于一般性规范，请参见[IEC 61672-1]；关于使用剂量计设计目标，请参见[IEC 61252]。	伏特/伏特
$T$	分段持续时间	小时

## II.6 左信道和右信道的处理

根据一些测量结果，为简化实施方案和结果解释，单个声音剂量估算中使用了左信道和右信道的平均功率（请见[b-SG16-R17]）。

## II.7 声音剂量计实施示例

对离散时间，在时域或频域中，相应地可执行基于分段的实施方案、可估算每日/每周的声音剂量：

- 1) 获得信号 $x$ 每信道的 $n$ 个采样（通常在1秒的时间窗口内）。对信号进行滤波，以考虑DAC、头戴式耳机和A加权。

$$z(k) = \text{filter}(x(k), [S_{DAC} \cdot S_{EA}(f) \cdot A(f)])$$

- 2) 计算左信道和右信道的平均功率，并乘以分段持续时间。

$$\underline{\text{dose}}_{\text{segment}} = T \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (z(k)_L^2 + z(k)_R^2)$$

- 3) 将声音剂量成分增加到此前累积的声音剂量估算值中。

$$\underline{\text{dose}}_m = \underline{\text{dose}}_{m-1} + \underline{\text{dose}}_{\text{segment}}$$

- 4) （可选）：展现当天和此前6天的剂量读数。



- 5) (可选)：将总的剂量表示为参考剂量的一个百分比。
- 6) 如已过半夜：存储已计算日子的剂量，将每日剂量重设为零，然后测量新的一天的剂量。

注 – 存储积累剂量须有足够的精确性，以避免单一段的小的趋零成分。

## II.8 计算复杂性的处理

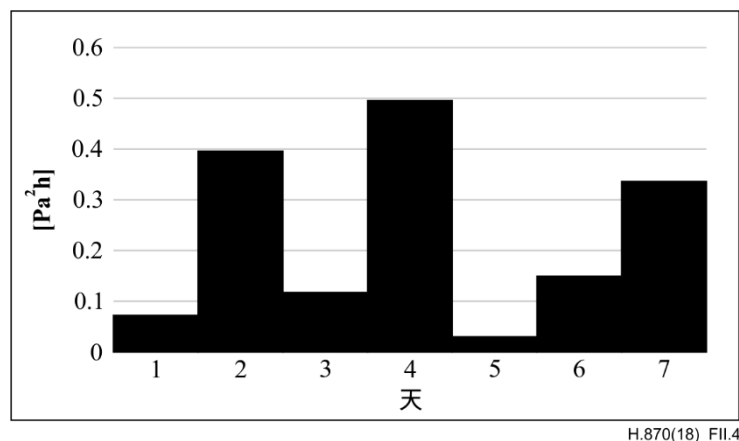
为了节约计算资源并延长电池时间，可取信号的十分之一（无抗混叠滤波器）。须谨慎保持音乐和语音信号足够的准确性。还须谨慎保持十分之一信号的过滤恰当。

可对过滤实施方案做某种程度的简化。

## II.9 若干天和若干周声音剂量的处理

建议在滚动的7天周期内存储每天的剂量估算值。将当天和此前六天的累积剂量与II.3节中所述的参考剂量进行比较。

图II.4以示例显示7天中的累积剂量，合计为1.6 Pa<sup>2</sup>h，因此，为100%的计算所得声音剂量。



H.870(18)\_F11.4

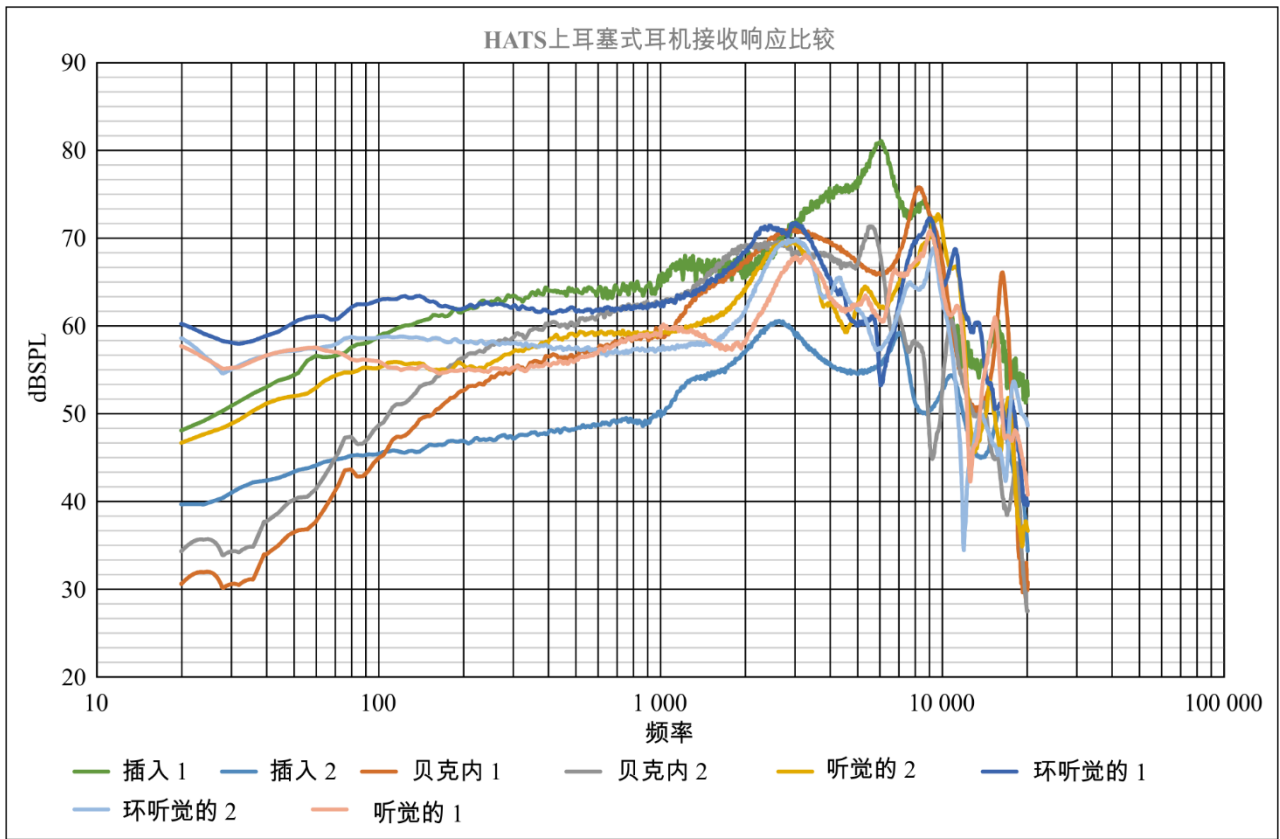
图II.4 – 7天累计声音剂量示例，合计为1.6 Pa<sup>2</sup>h，因此为100% CSD

## II.10 未知头戴式耳机特性的情况

在许多情况下，头戴式耳机的类型对播放器而言是未知的，因此其敏感度会大相径庭（具体由图II.5说明）。在这种情况下，剂量计假设：

- 最大允许头戴式耳机灵敏度，意味着模拟的节目信号特性电压（SPCV）为75 mV，请参见[EN 50332-2]和[ITU-T P.381]；
- 漫射声场校正后的扁平频率响应；
- 头戴式受话器阻抗为32 Ω（在确定 $S_{DAC}$ 时是有用的）。

这意味着 $S_{EA}(f)$ 被设为值为12.55帕斯卡/伏特的一个常数。



H.870(18)\_F11.5

图II.5 – 九种头戴式耳机和耳插式耳机的灵敏度变化图示

表II.2显示了符合[EN 50332-2]、1/3倍频频段中最大允许灵敏度的头戴式受话器的特性。

表II.2 – 最大允许灵敏度时的头戴式受话器特性图示

节目模拟噪声			头戴式受话器响应			A加权			A-加权声音		
IEC 60268-1 (为75 mV进行调整)			扁平DF修正响应 SPCV = 75 mV; [EN 50332-2]			[IEC 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V <sup>2</sup> ]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa <sup>2</sup> ]
20	-48.56	1.39E-05	20	25.10	12.55	20	-50.40	-2.52E+01	20	-73.85	4.12E-08
25	-45.26	2.98E-05	25	25.10	12.55	25	-44.82	-2.24E+01	25	-64.98	3.18E-07
31.5	-42.46	5.68E-05	31.5	25.10	12.55	31.5	-39.53	-1.98E+01	31.5	-56.89	2.05E-06
40	-40.26	9.43E-05	40	25.10	12.55	40	-34.54	-1.73E+01	40	-49.70	1.07E-05
50	-38.56	1.39E-04	50	25.10	12.55	50	-30.28	-1.51E+01	50	-43.73	4.24E-05
63	-37.36	1.84E-04	63	25.10	12.55	63	-26.22	-1.31E+01	63	-38.48	1.42E-04
80	-36.46	2.26E-04	80	25.10	12.55	80	-22.40	-1.12E+01	80	-33.75	4.21E-04
100	-35.96	2.54E-04	100	25.10	12.55	100	-19.15	-9.57E+00	100	-30.00	1.00E-03
125	-35.56	2.78E-04	125	25.10	12.55	125	-16.19	-8.10E+00	125	-26.65	2.16E-03
160	-35.26	2.98E-04	160	25.10	12.55	160	-13.25	-6.62E+00	160	-23.40	4.57E-03
200	-35.16	3.05E-04	200	25.10	12.55	200	-10.85	-5.42E+00	200	-20.90	8.12E-03
250	-35.06	3.12E-04	250	25.10	12.55	250	-8.68	-4.34E+00	250	-18.63	1.37E-02
315	-35.06	3.12E-04	315	25.10	12.55	315	-6.64	-3.32E+00	315	-16.60	2.19E-02

表II.2 – 最大允许灵敏度时的头戴式受话器特性图示

节目模拟噪声			头戴式受话器响应			A加权			A-加权声音		
IEC 60268-1 (为75 mV进行调整)			扁平DF修正响应 SPCV = 75 mV; [EN 50332-2]			[IEC 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V <sup>2</sup> ]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa <sup>2</sup> ]
400	-35.06	3.12E-04	400	25.10	12.55	400	-4.77	-2.39E+00	400	-14.73	3.37E-02
500	-35.06	3.12E-04	500	25.10	12.55	500	-3.25	-1.62E+00	500	-13.20	4.78E-02
630	-35.06	3.12E-04	630	25.10	12.55	630	-1.91	-9.54E-01	630	-11.86	6.51E-02
800	-35.06	3.12E-04	800	25.10	12.55	800	-0.79	-3.97E-01	800	-10.75	8.41E-02
1000	-35.16	3.05E-04	1000	25.10	12.55	1000	0.00	0.00E+00	1000	-10.06	9.87E-02
1250	-35.36	2.91E-04	1250	25.10	12.55	1250	0.58	2.88E-01	1250	-9.68	1.08E-01
1600	-35.66	2.72E-04	1600	25.10	12.55	1600	0.99	4.97E-01	1600	-9.56	1.11E-01
2000	-36.06	2.48E-04	2000	25.10	12.55	2000	1.20	6.01E-01	2000	-9.75	1.06E-01
2500	-36.66	2.16E-04	2500	25.10	12.55	2500	1.27	6.36E-01	2500	-10.28	9.37E-02
3150	-37.56	1.76E-04	3150	25.10	12.55	3150	1.20	6.01E-01	3150	-11.25	7.49E-02
4000	-38.76	1.33E-04	4000	25.10	12.55	4000	0.96	4.82E-01	4000	-12.69	5.38E-02
5000	-40.16	9.65E-05	5000	25.10	12.55	5000	0.56	2.78E-01	5000	-14.50	3.55E-02
6300	-42.06	6.23E-05	6300	25.10	12.55	6300	-0.11	-5.70E-02	6300	-17.07	1.96E-02
8000	-44.46	3.58E-05	8000	25.10	12.55	8000	-1.14	-5.72E-01	8000	-20.50	8.91E-03
10000	-46.96	2.02E-05	10000	25.10	12.55	10000	-2.49	-1.24E+00	10000	-24.34	3.68E-03
12500	-49.86	1.03E-05	12500	25.10	12.55	12500	-4.25	-2.12E+00	12500	-29.01	1.26E-03
16000	-53.26	4.72E-06	16000	25.10	12.55	16000	-6.70	-3.35E+00	16000	-34.86	3.27E-04
20000	-56.66	2.16E-06	20000	25.10	12.55	20000	-9.34	-4.67E+00	20000	-40.90	8.13E-05
	合计 [V <sup>2</sup> ]	5.63E-03								合计 [Pa <sup>2</sup> ]	9.97E-01
	合计 [V]	<b>7.50E-02</b>								合计 [Pa]	9.99E-01
										<b>合计 dB SPL</b>	<b>9.40E+01</b>

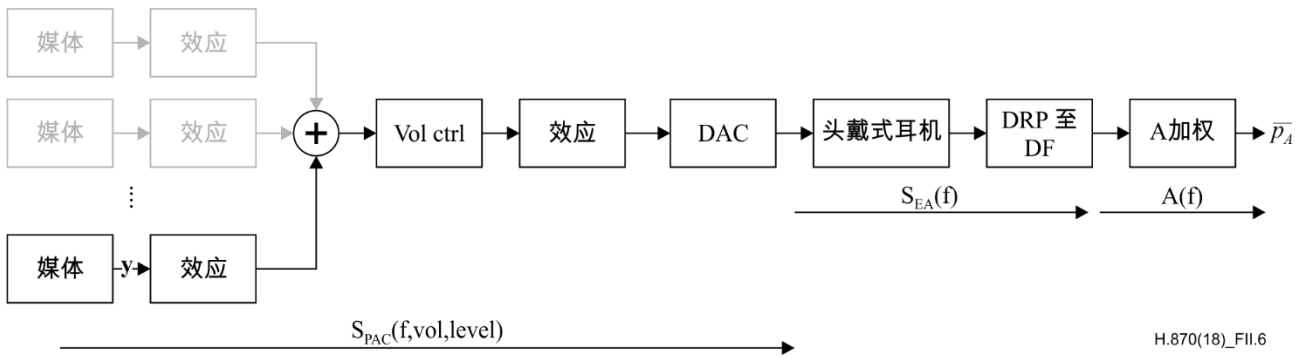
注 – 一个[IEC 60268-1] 75 mV的节目模拟噪声信号产生的声压级为94 dB SPL(A)。

## II.11 备选音频信号捕获点

如果无法执行图II.3所示的实施方案，则按照下列方法采用经简化的剂量计。

如果信号捕获点远于设备的输出点（例如，在具体的媒体应用内，只可访问其自身的媒体流），则得尽量考虑到下游数字音频系统的影响（如音量控制和声音效果）。所有音量控制设置上 $S_{PAD}$ 的系统识别可能需要在多个内容层面进行，以考虑到可能的非线性处理。

图II.6给出了一个信号y在特定媒质源应用内被捕获情况下的播放器音频系统示例。



注 – 得尽量考虑到音量控制和声音效果的影响。播放器的特性是频率、音量控制设定以及潜在内容水平的函数。

图II.6 – 信号y在特定媒质源应用内被捕获情况下的播放器音频系统示例

## II.12 剂量计功能的测试

请参考第8.1.3条。

## II.13 不确定性

请参考第7.2条。

## 附录III

### 玩具的欧洲EN 71-1标准

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

欧洲标准[b- EN 71-1]第4.20节 – 音响 – 具体规定了也适用于提供头戴式耳机或耳塞式耳机的磁带播放器、CD播放器和其他类似电子玩具的要求。特别是：

“... a)由靠近耳朵的玩具产生的A加权发射声压级 $L_{pA}$ 在自由声场测量时不得超过80 dB。由靠近耳朵的玩具产生的A加权发射声压级 $L_{pA}$ 在利用耳朵耦合器测量时不得超过90 dB。

... e)由任何类型玩具（使用打击乐器的玩具除外）产生的C加权峰值发射声压级 $L_{pC}$ 峰值不得超115 dB。

... f) 如果玩具产生的C加权峰值发射声压级 $L_{pC}$ 峰值超过110 dB，则须通过警告提请用户注意可能对听力造成的潜在危险（见第7.14节）。”

注 – [b-EN 71-1]第8.28节规定了用于玩具的、确定发射声压级的方法。

[b-EN 71-1]第7.1节 – 音响 – 规定在产生高脉冲声音级的玩具或其包装上须标有下列警告：“警告：不得靠近耳朵使用！使用不当可能造成听力损伤。”

[b-EN 71-1]A.25节 – 音响 – 提示说，“儿童对强烈噪声的敏感度基本是不为人所知的。然而，有些科学家认为，由于儿童的耳道比成年人的更小，因此不同的放大会使儿童对高频声音更为敏感。脉冲声音的危害尤为明显，因为人耳在很短的时间内非常难以确定声音水平。仅仅一次暴露于高峰值音量即可造成永久性听力损伤，这也是事实。”

## 附录IV

### “音乐”与“噪声”

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

以下内容摘自[b-Neitzel和Fligor]:

Lindgren和Axelsson (Lindgren和Axelsson, 1983年)在非音乐噪声暴露所致的暂时性阈移(TTS)研究中对10个对象进行了研究,并发现,这种暴露导致的TTS严重程度超出相同周期内以及相同总的和A加权的声压水平下造成的TTS严重程度。四个研究对象遭受了源自两种声源的几乎相同的TTS,六个对象则遭受了源自非音乐暴露的TTS,其严重程度大于音乐暴露的TTS。这提供了证据表明,声音内容以及最终的、对暴露的主观感知可能影响到TTS风险。在另一项不同的研究中,Axelsson和Lindgren (Axelsson和Lindgren, 1981年)记录了音乐家中的TTS效应,它们要小于观众的TTS效应。

Strasser、Erle和Legler (Strasser等, 2003年)也对10个对象进行了研究 – 三天时间内三次暴露于能量相当的音乐和非音乐声音下。研究发现,相比相同持续时间和平均音量的工业噪声以及能量相当的工业音量(1小时94 dB),古典音乐(2小时的暴露,平均91 dB)造成的TTS要明显小一些(10 dB对25 dB),而且恢复起来要快很多(100分钟对800分钟)。与Lindgren和Axelsson的研究一样,本研究表明,声音内容可影响TTS风险。

Strasser、Irl和Scholz (Strasser等, 1999年)对4种能量相当的暴露(94 dB, 1小时)进行了研究:白噪声、工业噪声、重金属音乐和古典音乐。研究发现,工业噪声和重金属音乐会导类似TTS量,并需要类似的恢复时间(即还原时间)来恢复。不过,研究发现,古典音乐比工业噪声、重金属音乐或白噪声造成的TTS要少,且还原时间要短。同此前的研究一样,该研究潜在地凸显,暴露于古典音乐造成的后果不同于暴露于其他类型音乐和工业噪声造成的后果。

Mostafapour在1998年(Mostafapour等, 1998年)前瞻性地对50名大学生对象的听力损伤情况进行了研究(这些大学生对象的平均年龄为22.1岁)。他们将噪声暴露(参与多项职业性和非职业活动以及枪支使用等,通过自我报告来评估)与观测到的听力损伤程度进行了比较。作者指出,定性暴露于任何所评估噪声源与噪声等级存在(通过纯音调音频计来确定)之间没有关联,因此确定研究对象的NIHL风险很低。

最后,Swanson等(Swanson等, 1987年)将20个男性研究对象暴露于音乐和能量大致相等的噪声下(约为106 dBA),持续时间相同,都是10分钟。在4 kHz和6 kHz上,两种暴露导致了非常不同的暴露后音频度量TTS。暴露于音乐的研究对象的TTS要高很多,这些研究对象报告说,他们不喜欢实验中所用的音乐。该研究进一步支持了这样的见解,即与音乐有关的主观因素可能影响到因音乐暴露而产生的听力损伤风险,尽管应当指出,音频度量测试涉及到的认知要素很可能受到疲劳、缺乏动力或挫败感的负面影响/使其出现偏差,这是可以想象的。

## 附录V

### 镫骨肌反射

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

镫骨肌反射 (SMR) 也称作声音中耳反射, 是在耳朵暴露于高强度声音时听小骨的镫骨和骨膜张肌的收缩过程。该反射已得到广泛研究[b-Moller 1995]。镫骨肌的收缩可以降低通过中耳的声音传送, 因此, 人们认为, 该机制与其他机制一道能够减少到达耳蜗的震动能量的传送。尽管个体之间差异颇大, 人类声音中耳反射阈值约高于正常听力阈值的85 dB。[b-Moller 2013]。

## 附录VI

### 恢复阶段的考虑

（此附录非本建议书不可分割的组成部分）

在听觉系统中存在一个积累阶段和一个恢复阶段。现有的职业设定剂量计未将此考虑在内。有的时候睡觉环境不安静（如船舶），在这种情况下，睡眠不能被认为是“安静的”，细节有待未来研究，同时需要更多信息。

听觉创伤指的是可立刻造成听觉系统伤害的单次声音暴露，有时这也称作声音损伤。

通常而言，听觉创伤的阈值为200 Pa或140 dB SPL（峰值）。有关文献表明，对于高度敏感的个体而言，该阈值可能很低，只有79.6 Pa或132 dB SPL（峰值）[b-Price 1981]。

人们已经了解到，声音所致听觉损伤遵循一种剂量 – 效应关系。“过量”声音会导致代谢过载，从而导致耳蜗结构和基本听觉神经纤维的细胞凋亡。

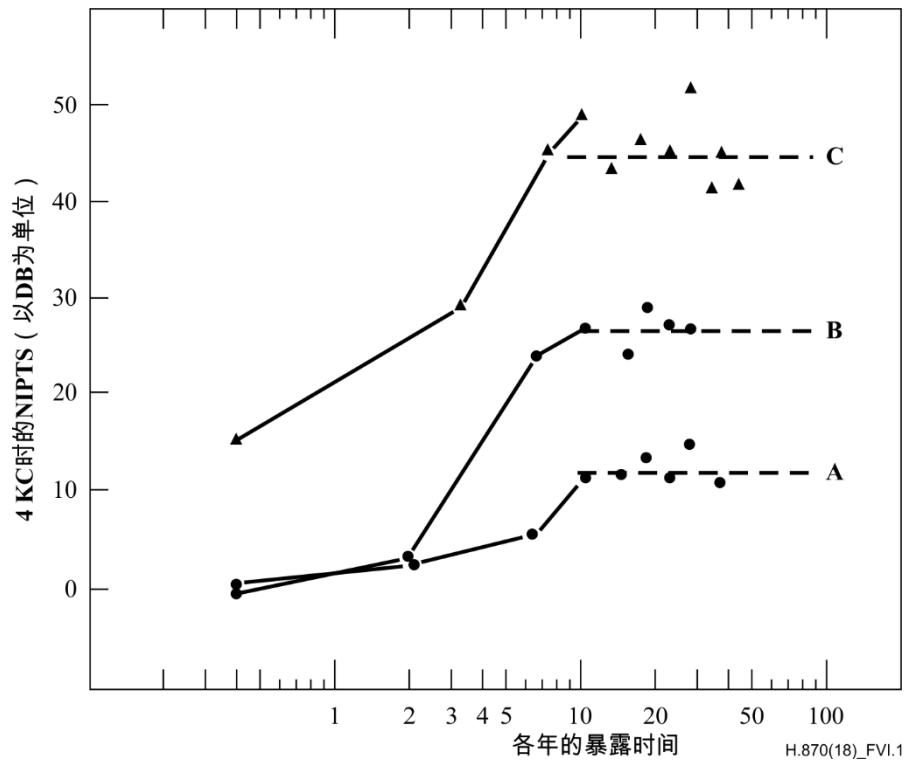
工作场所噪声暴露研究中精确确立的损伤风险准则表明：

- 整个工作寿命期内每日8小时85 dBA的暴露量、每周40小时的暴露量（5.06 Pa<sup>2</sup>h）（“实质性听力损伤”风险为8%）；
- 整个工作寿命期内每日8小时90 dBA的暴露量、每周40小时的暴露量（16 Pa<sup>2</sup>h）（“实质性听力损伤”风险为25%）。

一位数的水平限制不考虑成熟的科学（结论）。

[b-Nixon-Glorig 1961]表明，对于暴露量为92 dBA的人群而言，在暴露两年后，永久性听力损伤在4 kHz时开始出现，而对于暴露量为97 dBA的人群而言，仅仅四个月后即开始出现（永久性听力损伤）。改编自[b-Nixon-Glorig 1961]的图VI.1显示了按照工作人员多年职业性暴露于三种不同程度的噪声下绘制的噪声所致永久性听力阈移（NIPTS）。这些阈移根据人群中未受到职业性噪声暴露的个人年龄变化情况进行了修正。这些图形针对的测试音频为4 kHz，数据点取中位数。A组的平均A加权音量为83 dB，B组的为92 dB，C组的为97 dB。





图VI.1 – 按照工作人员多年职业性暴露于三种不同程度的噪声下绘制的噪声所致永久性听力阈移 (NIPTS)

## 附录VII

### 健康通信示例

（此附录非本建议书不可分割的组成部分）

#### VII.1 关于为设备接口制定警告和行动提示消息的建议

制定相关消息时应考虑到上述各项因素。消息的目的是引起用户注意、使其感兴趣并能够在实践中进行安全听音。消息应传播可相应采取行动的信息、提供可行的备选行为方式并促进在实践中进行安全听音。

在制定此类消息/提示时应考虑的各点为（见VII.4节中的示例）：

- 消息应清晰传达安全听音带来的益处，以及不如此行事将面临的风险。
- 每一条这样的消息都应有3-4种不同的变化版本，以便以非重复的方式传达信息，从而获得广泛受众。
- 文字应使用平铺直叙和清晰明了的语言，不含专门术语，而且应是低于8年级水平的文字，以确保多数用户都能明白其意思。
- 有些消息可采用正面措辞，其他消息则应采用负面措辞（相关示例见VII.4.3节）。
- 为便于理解，文字信息还应辅之以图形信息。
- 消息须以可信渠道的建议为基础。
- 消息应尽可能在使用前由制造商进行过预先试用。

#### VII.2 作为安全听音设备标准一部分的建议信息流（示例）

图VII.1中的建议流程（示例）的目的是解释如何在设备中落实本建议书的（健康）通信方面内容。



H.870(18)\_FVII.1

图VII.1 – 作为安全听音设备标准一部分的信息流

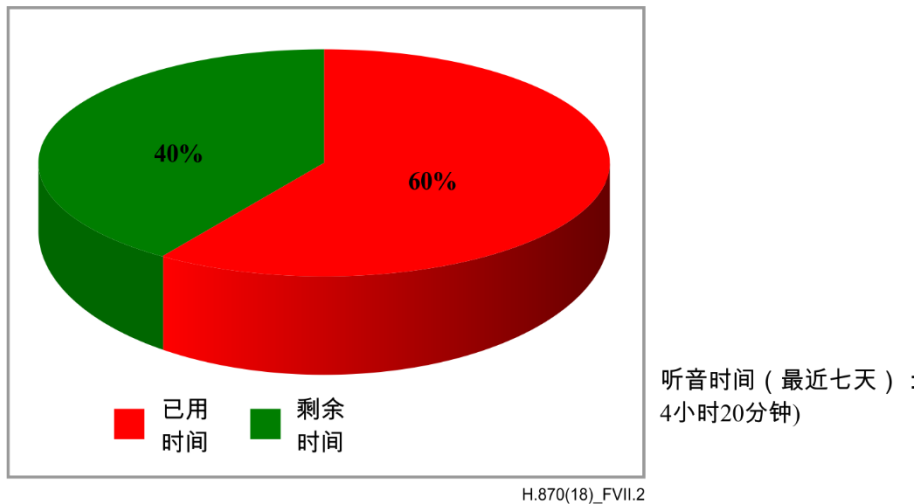
### VII.3 关于如何将听音参数信息传送给用户的示例

通过清晰明了的、易于辨认的图标，用户应能够接入设备上的“专门空间（屏幕）”，此处存储着有关用户听音习惯的信息，而且是视像化的且对之给予了解释。在该空间，用户会看到以图形形式表示的、关于他/她总的听音习惯或规律的信息，并了解是否存在不安全的听音行为（以及何种类型的不安全听音行为）。用户听音习惯的视像化信息将包含：

- 每周允许的声音使用量的图形显示；
- 通过色标形式显示每天的声音暴露情况；
- 以小时和分钟显示每一天和过去7天的听音时间。

#### VII.3.1 关于每周允许使用量的信息

如图VII.2所示，可以以图形形式来传达每周允许的声音使用量情况。



图VII.2 – 如何以图形形式传达每周允许使用量的图示

### VII.3.2 关于用户是如何使用任何一天允许量的信息

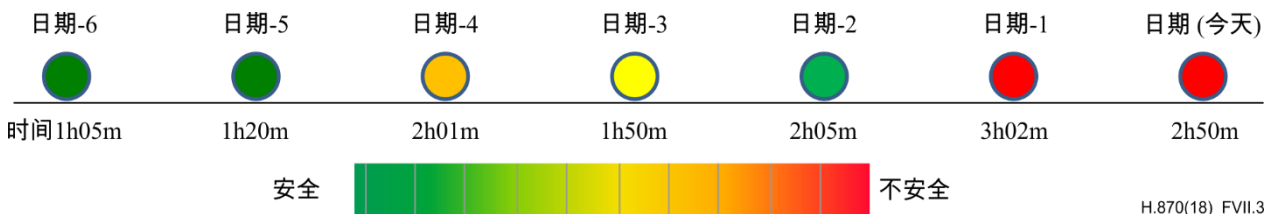
在本显示中，每日最大允许量将等于每周允许量除以7（大约每周允许量的15%）。

将通过一系列颜色来表明过去7天的使用量（包括当日），用不同的颜色表明不同的使用程度，例如，深红表示使用超过100%，绿色表示使用低于50%。

在该通信中，每日都将被视为是一个独立单位，当日的色标将不考虑此前若干天的暴露情况。因此，用户每一天都将以绿色图标开始，无论其过去几天中的使用样式如何。

### VII.3.3 听音时间

如图VII.3所示，还将显示用户每天通过设备花在收听音频内容上的总的的时间的信息。



图VII.3 – 关于用户每日花费在收听音频内容上总体时间的信息

## VII.4 警告和行动提示

本节以若干示例来说明关于安全听音的警告和行动提示。

### VII.4.1 基于每周使用量的警告和提示示例

当用户达到下列使用情况时的信息为：

- a) 周允许使用量的80%：友好警告信息
  - 你已用掉允许使用量的**80%**。请降低声音，以保护你的听力。
  - 降低音量/停止收听/忽略警告/查看个人用量信息
 或

- 你好！看上去你最近好像一直在大声播放音乐。为保护听力，何不稍事休息。
- 降低音量/停止收听/忽略警告/查看个人用量信息

b) 周允许使用量的100%：警告信息（带有立即暂停收听的可选功能）

- 你现在**已超出**安全听音允许量的**100%**。不安全的听音行为会对听力带来风险。
- 降低音量/停止收听/忽略警告/查看个人用量信息

或

- 嘿！你最近播放了太多大声音乐。休息一下，保护好你的听力。
- 降低音量/停止收听/忽略警告/查看个人用量信息

除非用户接受“忽略警告”或“暂停收听”，否则默认设置会将音量调至预先设定的适度声级（相当于80或75 dBA）。

#### VII.4.2 基于每天使用量的消息示例

每日消息（当打开应用程序或在播放器页面时）应基于最近几天用户所用的声音允许量：

a) 多数为绿色（如果多数日子里用户的使用量都低于每周用量的50%，任何一天都不超过允许的使用量）：鼓励性消息

- 做得好。这是良好的听音方式。

或

- 做得好！继续安全播放音乐，享受无穷乐趣。
- 真棒。继续安全听音，享受无穷乐趣。

b) 多数为绿色或黄色/橙色（如果多数日子里用户的使用量都低于80%，任何一天中都不超过允许量）：

- 当心，请安全听音。
- 嘿！看上去有时候你很喜欢高音量！请当心并保护好听力，以享受无穷乐趣！
- 降低音量的话，你可安全听音更长时间。

c) 多数为黄色/橙色，偶尔为红色（用户在任何一天都不超出允许量）：

- 请当心！保持低音量，以便能安全听音更长时间。
- 嘿！看上去有时候你很喜欢大声音乐！请当心并保护好听力，以享受无穷乐趣！
- 嘿！你应当注意你的听音方式了。

d) 多数为红色（多数日子里都超过允许量）：

- 你正在威胁到你的听力。请降低音量，以安全听音。
- 嘿！你需要注意你的听音方式了。请降低音量。
- 嘿！看上去有时候你似乎真的很享受大声音乐！千万不要危害你的听力，以享受无穷乐趣。

### VII.4.3 带有正面与负面表达以及感性与理性呼吁的消息示例

#### 正面表达

- 你已超过安全听音的日允许量。保持低音量可以使你安全听音更长时间，且不伤及听力。请降低音量。

#### 负面表达

- 你已超过安全听音的日允许量。如果你保持这样的听音方式，你将面临永久损伤听力的风险。请降低音量。

#### 理性呼吁

- 证据表明，如果你听音乐的声音超过80 dBA SPL、长达8小时或同等时间，则可能会永久损伤听力。请降低音量。

#### 感性呼吁

- 一旦你失去听力，将永远无法恢复。请安全听音。请降低音量。

## 附录VIII

### 听力的机制和声音冲击的影响

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

本节提供有关安全听音的背景信息。

#### VIII.1 声音和波

声音是由振动体产生的、在媒质（如空气）中的一种波。波在不传送物质的情况下传送能量。声波是一种纵向波，即产生波的运动方向与波的运动相同。通过将力或压力的差异从一个地方移位到另一个地方，波在媒质中传播。特别地，在声音传导媒质中，能量的传送或传播是以媒质的交替压缩和稀疏形式来进行的。在某个时间点上，媒质中存在交替的压缩和稀疏，这反过来又会产生压力的变化。当空气被压缩时，压力高于大气压；当空气被稀疏时，压力变低。

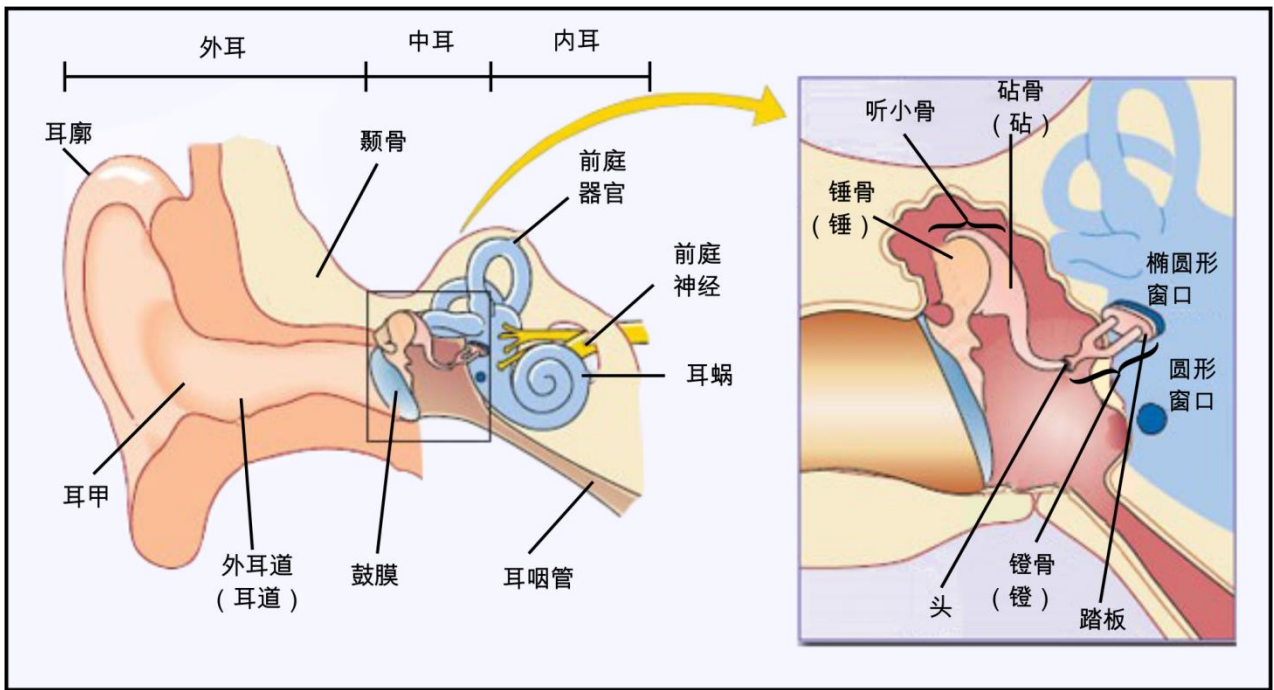
传播媒质中的压缩和稀疏程度决定了声音的强度，而压缩和稀疏交替的频率决定了声音的频率。来自声波运动的能量流过耳膜并进入内耳，在那里它表达为声音。强度 $I$ 是流过单位表面积 $a$ 的每单位时间 $t$ 的能量 $E$ ，或者 $I$ 是流过表面积 $a$ 的功率。

纯音是一种简单的声音，其压力变化形式为正弦曲线，在声学中称为正弦波。正弦波是周期性的波。

声波的速度取决于声音传导媒质的性质。声波的速度在某种程度上取决于空气的温度。在室温（20°C）时，速度为每秒344米（m/s），相当于1 238 km/h。

#### VIII.2 听力机制和听力损失

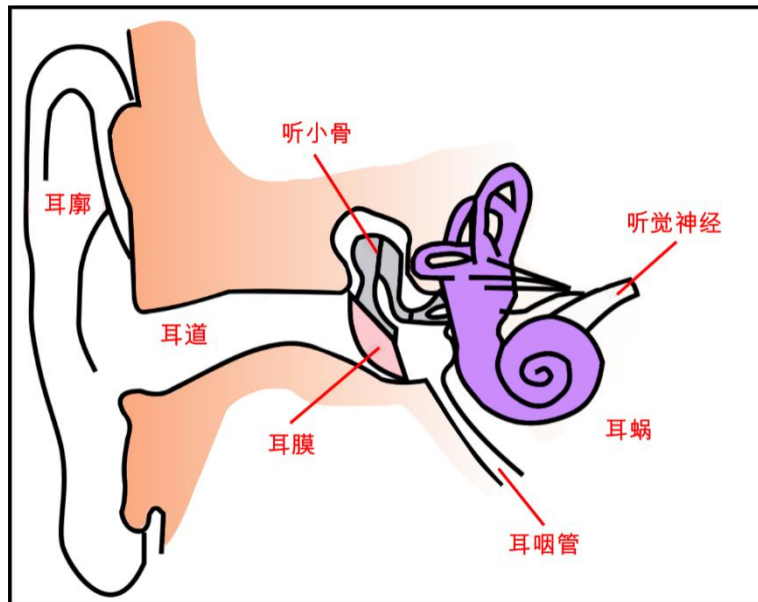
如图1所示，耳朵由三部分组成：外耳、中耳和内耳。中耳包括终止耳道的鼓膜（也称为耳膜）和三根小的骨头（统称为听小骨）：锤骨、砧骨和镫骨。两块小的肌肉：张力鼓膜肌和镫骨肌也在中耳。内耳是耳朵的最内部分，由耳蜗、前庭器官和前庭神经组成。“声音”可以被认为是一系列的振动。这些振动到达耳朵并被耳廓捕获。声音以一种波的形式传入耳道直至耳膜，耳膜振动并将波转换为机械能。耳道的长度约为2.5厘米，直径约为0.6厘米。而后声音（或其机械能）穿过中耳腔中的三块骨头（统称为听小骨）：锤骨、砧骨和镫骨。



H.870(22)\_FVIII.1

图VIII.1 – 人耳图解

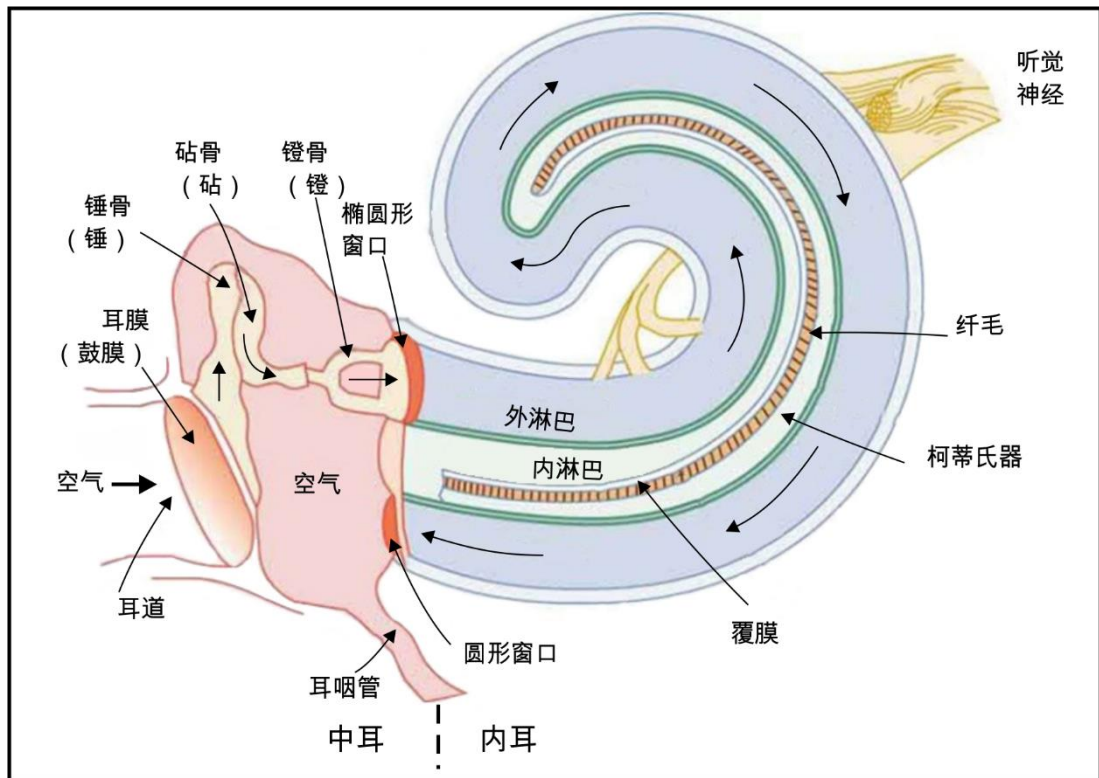
这些骨骼放大机械能，通过耳蜗内耳的椭圆形窗口传递到内耳。镫骨在椭圆形窗口上敲击，引起内耳中的液体振动，并且该运动穿过充满液体的耳蜗。



H.870(22)\_FVIII.2

图VIII.2 – 耳道





H.870(22)\_FVIII.3

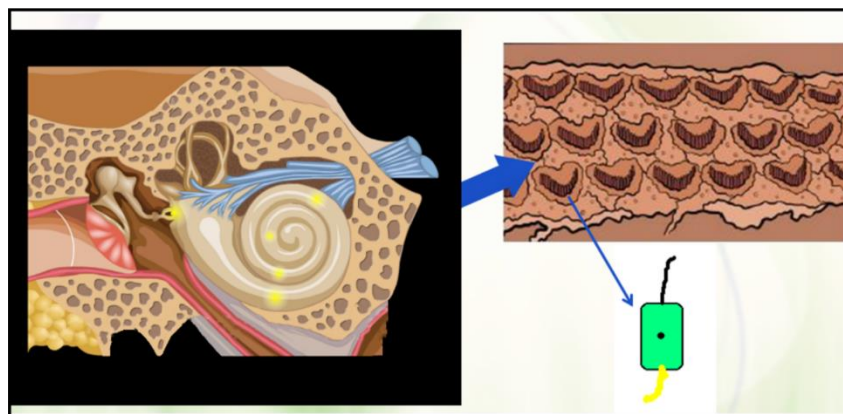
图VIII.3 – 耳蜗图解

从图VIII.2和图VIII.3中可以看出，耳蜗是一个蜗牛形器官。在耳蜗中，有数百万个称为基底毛的毛细胞。当声音通过耳蜗时，它会移动用于移动毛细胞的液体，将数千个电脉冲传递到大脑的听觉神经。然后将这些电信号解释为声音。

当过度暴露于声音时，耳朵中的毛细胞会被过度刺激。一旦毛细胞被过度刺激，它们就会变得疲劳并停止对声音的响应。这可导致暂时性声音阈移（TTS）、声音暴露后的暂时性听力损失，这可持续几分钟到几天。经过一段时间的安静，毛细胞将恢复。

不过，若长时间反复暴露于过量的声音下将杀死这些毛细胞，它们将失去恢复能力。这可导致永久性听力阈移（PTS），声音所致的永久性听力灵敏度丧失与不可逆的耳蜗毛细胞损伤相关。

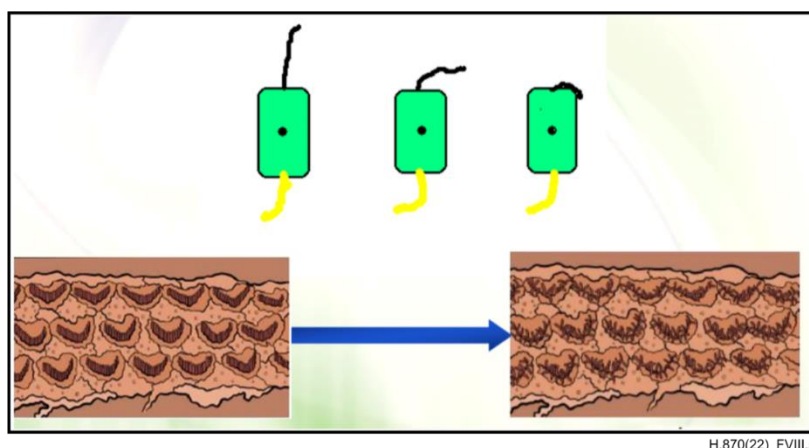
图4显示了耳蜗和毛细胞。



H.870(22)\_FVIII.4

图VIII.4 – 耳蜗和毛细胞图解

在图VIII.5中，左侧耳蜗的毛细胞是听力正常者的毛细胞，而右侧的毛细胞显示的是过度暴露于声音可导致的永久性损伤。



图VIII.5 – 声音导致的毛细胞损伤图解

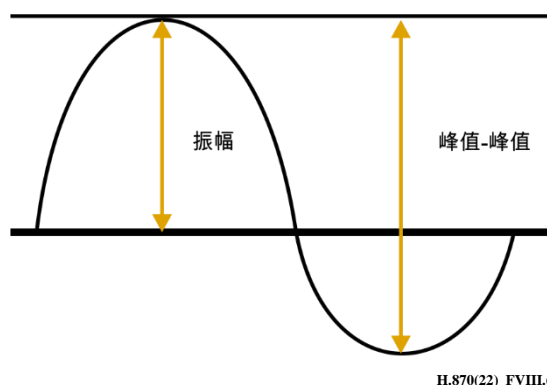
### VIII.3 声能的测量

#### VIII.3.1 声压

由于地球的引力，大气的重量在所有方向上施加压力，称为大气压。它的值为105牛顿/平方米；也就是说，105帕斯卡（Pa）。

波的位移指的是由波产生的、距平衡点的扰动量。

峰值-峰值指的是正弦波或信号的最小值与最大值之间的变化。图VIII.6显示了峰值-峰值的概念。



图VIII.6 – 信号幅度和峰值-峰值的概念

声波的振幅通常计算为均方根（RMS）值。均方根是瞬时值平方函数的平均值的平方根。通过首先平方波形瞬时值（s），然后在一个周期（m）上找到平均值，最后通过取平方根（r）来计算得到RMS值。

#### VIII.3.2 分贝

编者注：将此解释移至附录中。

“贝”（符号B）用该比率的以10为底的对数形式来表示两个值的比率。这个单位不常使用，而由“分贝”（符号dB）来替代，一个“分贝”是一个“贝”的1/10。

一个对数单位，用于表示一个物理量的两个值的比率。这些值中的一个通常是标准参考值，在这种情况下，分贝用于表示水平。该想法的数学陈述如下所示：

$$L_2 - L_1 = \text{Log}_{10} \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

口头翻译过来就是：声音2与声音1之间测得的、以分贝（dB）计的电平差异，由强度比率的公共（以10为底）对数给出。纳入系数10是为了扩大标度。审视对数功能可使电平（分贝）尺度的一些特征变得明朗起来。因为 $\log(1) = 0$ ，如果声音1和声音2具有相同的强度，则它们的电平差异为0。对数标度的功能是将比率转换为差异。如果 $L_2$ 是 $L_1$ 的2倍，则 $L_2 - L_1 = 3 \text{ dB}$ ，而不论 $L_2, L_1$ 的实际值是多少。这是因为 $\log(2) = 0.3$  [b-Hartmann]。

### VIII.3.2.2 dB SPL

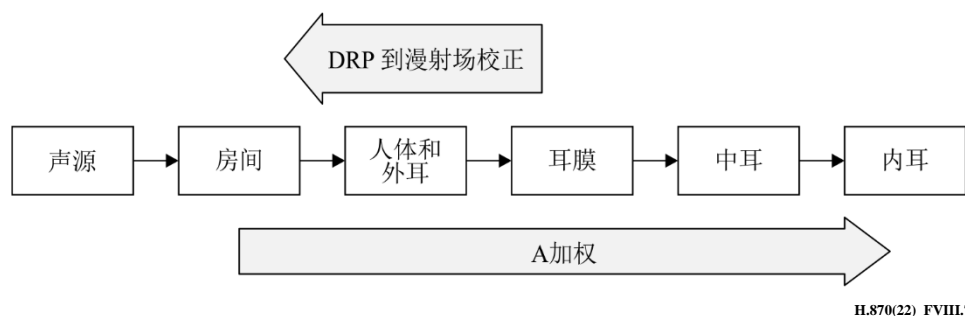
尽管分贝标度是一个比率标度，其中一个数量总是与另一个数量进行比较，但通常将单个声音电平用分贝来表示，就像测量值是绝对值一样。声压级是声压 $p$ 与参考压力 $p_A$ 之比（通常为 $20 \mu\text{Pa}$ ）的对数，请注意，当比率在两个声压之间，而不是两个声强之间时，应使用系数20。

$$SPL = 20 \left( \frac{p}{p_{0A}} \right)$$

### VIII.3.2.3 dBA

dBA是使用A加权网络测得的声压级的分贝数；用于测量低强度声音（大约40方响度）的声压级，但也常用于测量职业性和环境性声音暴露。

图Figure VIII.7显示了测量中所用不同校正的角色的概念图，以便为各种各样的频率赋予一定的权重。



H.870(22)\_FVIII.7

图VIII.7 – 测量中所用不同校正的角色的概念图，以便为各种各样的频率赋予一定的权重

### VIII.3.2.4 dBFS

dB满量程是数字信号相对于其过载或最大电平的信号电平。存在不同的约定。通常将满量程正弦曲线的数字表示指定为0 dBFS RMS值。而后峰值电平可达+3.01 dBFS。在其他情况下，数字满量程方波的RMS电平被指定为0 dBFS RMS。而后最大峰值电平也是0 dBFS。对于后一种情况，dBFS等于dBov。

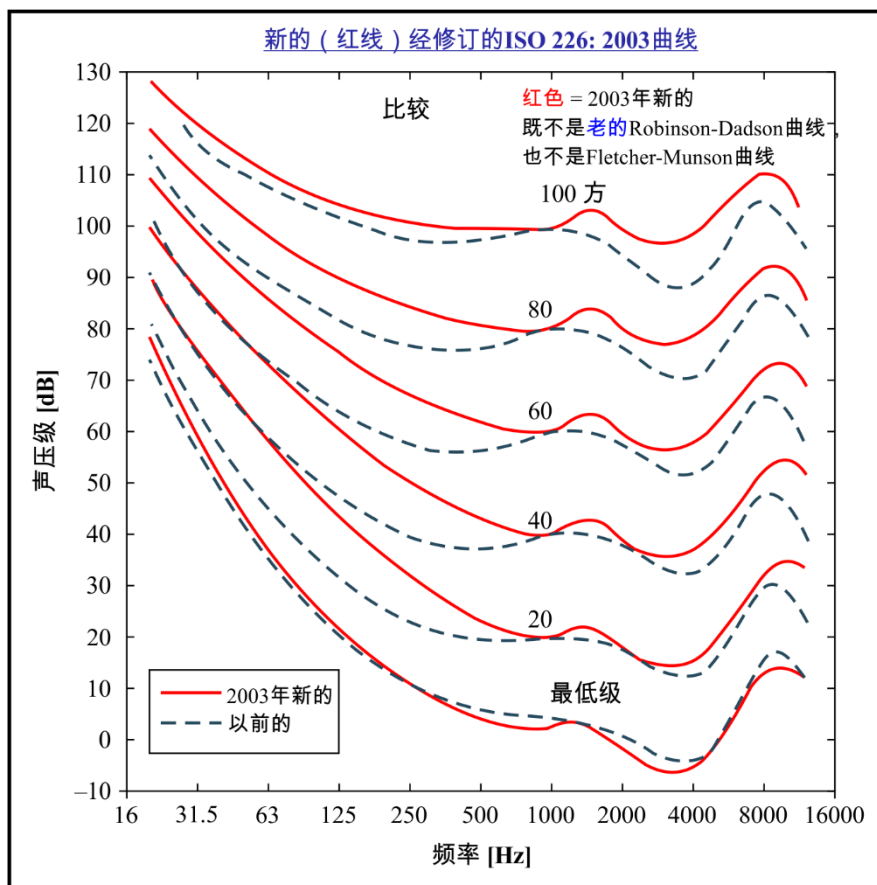
注 – 也称为dBov，相对于数字过载的dB是数字信号相对于其过载或最大电平的信号电平。请参见 [ITU-T G.100.1]。

### VIII.3.2.5 dBHL

dBHL是某一频率下听力水平的分贝数；一种用于测量相对于定义之正常值的听力阈值的级。

如[ISO 226]中所述，取决于输入声音的频率，人耳的灵敏度会变化很大，如果音量调高以便在音乐所需的低频范围内获得足够的音量，则不可避免地在较高频率范围内音量会变得过高，这特别敏感。

图VIII.8显示了声学正常的等响度级等高线。



H.870(22) FVIII.8

图VIII.8 – 声学正常的等响度级等高线

#### VIII.4 等能量原理

等能量原理是假设声音的总效应与耳朵收到的声能总量成比例，而不管该能量在时间上的分布情况如何。

根据该原理，无论能量在时间上的分布如何，等量的声能预期都会引起等量的声音所致永久性听力阈移。

基于该原理，声能的“剂量”可被定义为在暴露时间 $T = t_2 - t_1$ 上积分得到的平方A加权声压 $p_A$ 。

在数学上，这表示为：

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

其中， $p_A$ 为A加权和漫射场校正的声压。

该值的单位为帕斯卡平方小时，或 $\text{Pa}^2 h$ 。

## 参考文献

- [b-ITU-T P.10] Recommendation ITU-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulary for performance and quality of service*.
- [b-ITU-T P.360] Recommendation ITU-T P.360 (2006), *Efficiency of devices for preventing the occurrence of excessive acoustic pressure by telephone receivers and assessment of daily noise exposure of telephone users*.
- [b-ITU-T T.180] Recommendation ITU-T T.180 (1998), *Homogeneous access mechanism to communication services*.
- [b-ITU-R V.574] Recommendation ITU-R V.574 (2015), *Use of the decibel and the neper in telecommunications*.
- [b-Berger] Berger, E.H. and Royster, L.H. (1996), *In search of meaningful measures of hearing protector effectiveness*.
- [b-Berger-Voix] Elliott H. Berger and Jérémie Voix (2018), *Hearing Protection Devices*, in *The Noise Manual*, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-Blanco-Wetherill] A. Blanco and J. Wetherill (April 2019), *Headphones Market Report Worldwide Outlook*, Futuresource Consulting Ltd.  
<https://www.futuresource-consulting.com/reports/posts/2019/april/futuresource-headphones-market-report-worldwide-apr-19/>, pg. 11 & 22.
- [b-Borg] Erik Borg, Roland Nilsson, Gunnar Lidén. (1979), *Fatigue and recovery of the human acoustic stapedius reflex in industrial noise*, *The Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 65, 846.
- [b-Brask] Torben Brask (1978), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, – Issue sup360.
- [b-Brask-2009] Torben Brask (2009), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, 1978 – Issue sup360.
- [b-Burns-1973] William Burns (1973), *Noise and Man*, J.B. Lippincott Company, ISBN 9780397580989, pp. 243-247.
- [b-Burns-Robinson] W. Burns and D.W. Robinson, (1970) *Hearing and Noise in Industry*, Her Majesty's Stationery Office, pp. 142-145. This full document can be found here: <https://archive.org/details/op1268848-1001/page/n153>
- [b-EN 71-1] CEN EN 71-1:2014, *Safety of toys – Part 1: Mechanical and physical properties*.
- [b-2009/490/EC] European Commission, *Commission Decision of 23 June 2009 on the safety requirements to be met by European standards for personal music players pursuant to Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0490>
- [b-Fligor] Brian J. Fligor, and Terri Ives. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-Induced Hearing Loss?" in *2006 Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Children's Conference Proceedings*.
- [b-FSTP-SLD-UC] ITU Technical Paper (2022), *Gap analysis: Use cases of safe listening devices*.  
<https://www.itu.int/pub/T-TUT-EHT-2022>

- [b-Hammershøi] Hammershøi, D., & Møller, H. (2008), *Determination of noise immission from sound sources close to the ears*. *Acustica United with Acta Acustica*, 94 (1).
- [b-Hansen] C. Hansen (2006), *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control – chapter 1 Fundamentals of acoustics*. [http://www.who.int/occupational\\_health/publications/occupnoise/en/](http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/)
- [b-Hartmann] William M. Hartmann. *Physical Description of Signals* in [b-Moore].
- [b-Loy] Gareth Loy, *Musimathics*. MIT (2011)
- [b-Moller 1995] Henrik Möller (1995), *Transfer characteristics of headphones measured on human ears*, *J. Audio Eng. Soc.*:43, pp. 203-217.
- [b-Moller 2013] Aage R. Moller, (2013) *Hearing*, 3rd ed. Plural Publishing.
- [b-Moore] Brian C.J. Moore (ed.) (1995) *Hearing*. Academic Press.
- [b-Neitzel and Fligor] R. Neitzel and B. Fligor (2019), *Risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: Review and recommendations*. *The Journal of the Acoustical Society of America* 146, 3911; <https://doi.org/10.1121/1.5132287>
- [b-NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure, revised criteria*. Pub. No. 98-126.
- [b-Nixon-Glorig, 1961] J.C. Nixon and A. Gorig (1961), *Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2000 cps and 4000 cps*, *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.33, Issue 7, 904. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1908841>
- [b-Portnuff] Portnuff C.D., Fligor B.J., Arehart K.H. (2011), *Teenage use of portable listening devices: a hazard to hearing?* *Journal of the American Academy of Audiology*. Nov-Dec; 22(10):663-77.
- [b-Price 1981] Price, G. R. (1981), *Implications of a Critical Level in the Ear for Assessment of Noise Hazard at High Intensities*, *J. Acoust. Soc. Am.* 69, 171-177.
- [b-SCENIHR] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2008), *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. European Commission.
- [b-SG16-R17] ITU-T Study Group 16, *Report of the fourth meeting of Study Group 16* (Geneva, 19-29 March 2019) – Working Party 2/16 (Multimedia e-services). <https://www.itu.int/md/T17-SG16-R-0017/en>
- [b-Silman] Shlomo Silman. (1984), *The Acoustic Reflex: Basic Principles and Clinical Applications*, Academic Press.
- [b-Smith-Voix] Jérémie Voix, Pegeen Smith, and Elliott H. Berger (2018), *Field Fit-Testing and Attenuation Measurement Procedures*, *The Noise Manual*, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-SMR] Kei J. (2012), *Acoustic stapedial reflexes in healthy neonates—normative data and test-retest reliability*. *J Am Acad Audiol*. 23(1):46-56.
- [b-Vér] I. Vér, L. Beranek (2006), *Noise and Vibration Control Engineering*.

- [b-Voix,Cocq,Hager] J. Voix, C. Le Cocq, and L. D. Hager (2008), *The Healthy Benefits of Isolating Earphones*, in Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 4, p. 050003.
- [b-WHO 2018] World Health Organization, *Deafness and hearing loss*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (visited 2022-06-01)
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson & Erik Borg. (1974), *Stapedius Reflex and Auditory Fatigue*, Journal of Audiology, Vol. 13, pp. 231-35.
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson. (1979), *The effect of the stapedius reflex on attenuation and poststimulatory auditory fatigue at different frequencies*. Acta Otolaryngol Suppl. 360:118-21.









## ITU-T系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	资费和会计原则及国际电信/ICT经济 and 政策问题
E系列	综合网络运营、电话业务、业务运营和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
<b>H系列</b>	<b>视听及多媒体系统</b>
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络及电视、声音节目及其它多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与ICT、气候变化、电子废物、节能；电缆和其他外部设备组件的建造、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令及相关措施和试验
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题